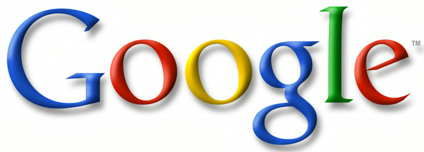


This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

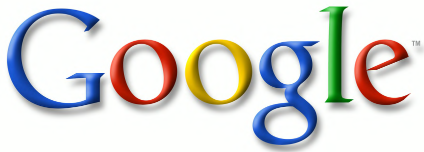
Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at http://books.google.com/



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

LANE MEDICAL LIBRARY STANFORD STOR
F44 .H55 1898
Leitfaden fur das physiologische Practi

24503388313

LANE

MEDICAL 

LIBRARY

LEVI COOPER LANE FUND

LANE

MEDICAL



LIBRARY

LEVI COOPER LANE FUND

LANE

MEDICAL



LIBRARY

LEVI COOPER LANE FUND

LANE

MEDICAL

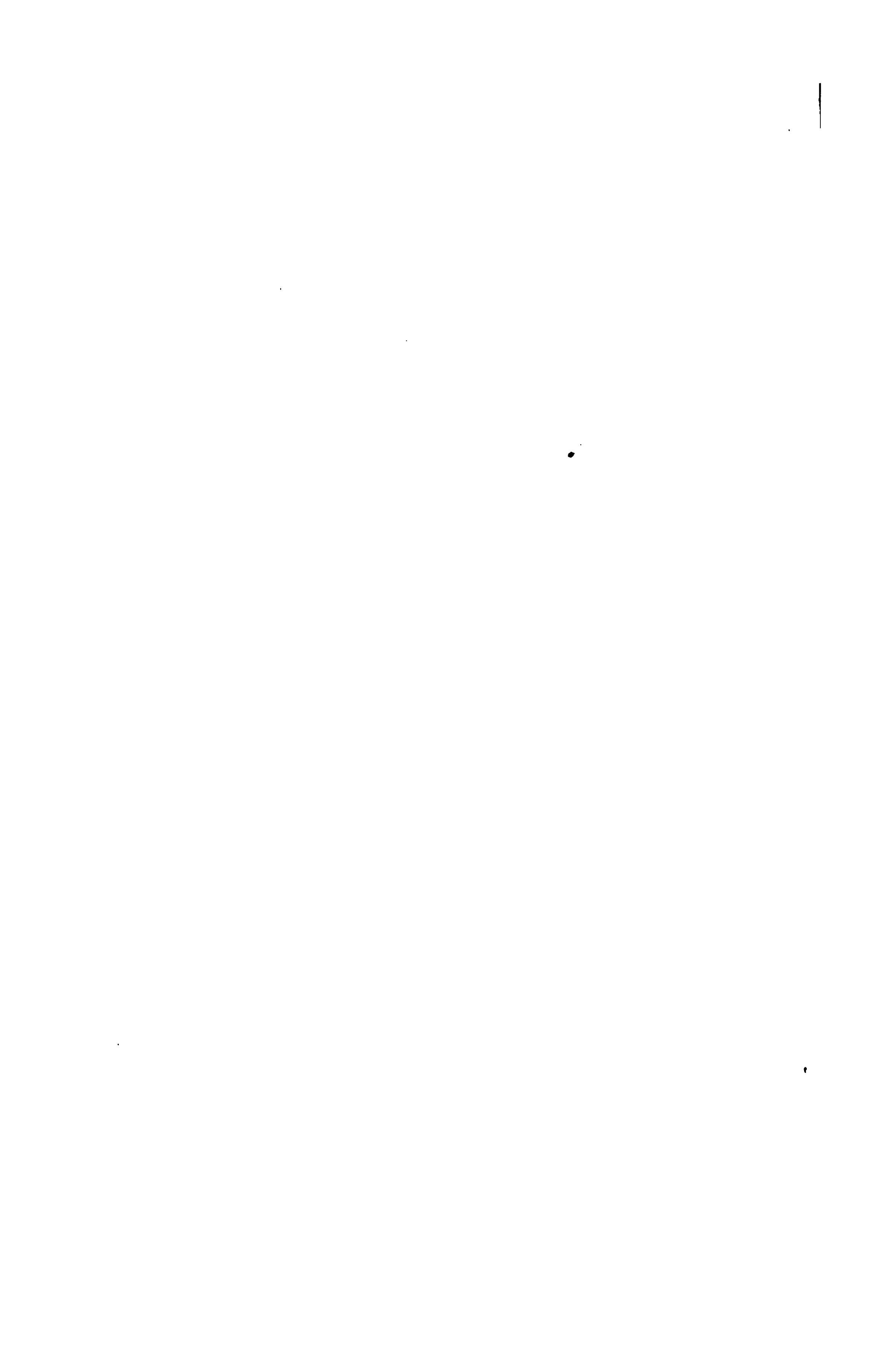

LIBRARY

LEVI COOPER LANE FUND



L. HERMANN,

PHYSIOLOGISCHES PRACTICUM.



LEITFADEN

FÜR DAS

PHYSIOLOGISCHE PRACTICUM

VON

L. HERMANN.

MIT 24 ABBILDUNGEN.



LANE LIBRARY

LEIPZIG,
VERLAG VON F. C. W. VOGEL
1898.

Übersetzungsrecht vorbehalten.

F44
H 55
1898

Vorwort.

Das vorliegende Werkchen war schon vor drei Jahren verfasst, und der Druck sollte eben beginnen, als von anderer Seite ein Buch üher denselben Gegenstand erschien. Dieser Umstand veranlasste mich, dem Herrn Verleger vorzuschlagen, auf das Erscheinen des Werkes zunächst zu verzichten, worin derselbe freundlich einwilligte. Dem jetzt, nach drei Jahren mir ausgesprochenen Wunsche des Herrn Verlegers, das Büchlein nunmehr ans Licht treten zu lassen, wollte ich mich nicht entgegenstellen. Ich glaube, dass die Behandlungsweise des Gegenstandes dem Leitfaden immerhin eine Existenzberechtigung giebt.

Bei der Beurtheilung wolle man sich stets gegenwärtig halten, dass bei der Abfassung weder eine Darstellung der Physiologie noch ein Hilfsbuch für physiologische Untersuchungen beabsichtigt war, sondern lediglich eine Anleitung beim physiologischen Practicum für Anfänger. Als Benutzer des Buches ist in erster Linie der Studirende gedacht, welchem es auch als Repetitorium für die physiologische Vorlesung Dienste leisten könnte. Sollte auch der experimentirende Physiologe, oder der Leiter eines Practicums, hie und da einen auf vieljährige Erfahrung gegründeten practischen Wink finden, der ihm von Nutzen ist, so wäre dies ein über meine Erwartungen hinaus gehender Erfolg.

Königsberg i. Pr., im Mai 1898.

L. Hermann.

Inhaltsverzeichniss.

Einleitung. Organisation des physiologischen Practicums.

Seit nun fast 30 Jahren habe ich neben meinen Vorlesungen regelmässig ein physiologisches Practicum abgehalten, und eine grosse Summe von Erfahrungen über diesen Gegenstand gesammelt. Das Practicum muss, wenn es wahrhaft nützlich wirken soll, nur Uebungs- und Unterrichtszwecke verfolgen, und darf nicht zu Untersuchungen seitens der Practicanten verwendet werden. Ich würde es für nachtheilig halten, wenn dasselbe analog den Kliniken obligatorisch gemacht würde. Meine Erfahrungen lehren, dass auch ohne dies die Theilnahme eine sehr starke ist. Die befähigteren Studirenden nehmen Theil, weil sie ein lebhaftes Bedürfniss empfinden, die Apparate in die Hände zu bekommen, und die Erscheinungen genauer zu beobachten, als die Demonstration in der Vorlesung es gestattet, die schwächeren, weil sie wissen, dass sie ungleich leichter als in den Vorlesungen nicht allein schwierigere physiologische, sondern namentlich auch physikalische und chemische Dinge hier verstehen lernen.

Das Practicum ist für den Unterrichtenden eine nicht nur zeitraubende, sondern auch anstrengende Arbeit. Nicht jeder Professor der Physiologie wird geneigt sein, seine Zeit, welche für ihn genussreicher und fruchtbarer der Forschung gewidmet wird, in solchem Massstabe über die Vorlesung hinaus dem Unterricht zu widmen. Aber in solchen Fällen wird sich in den meisten Instituten eine andere Lehrkraft

für den Gegenstand gewinnen lassen. Auch für die Studirenden kommt natürlich die Zeitfrage sehr in Betracht. Die Erfahrung lehrt aber, dass sie die für das Practicum nöthigen Stunden im 3. oder 4. Semester erübrigen können, so sehr sie auch durch vielstündige Vorlesungen in Anspruch genommen sind. Mir will scheinen, dass unser heutiger Unterricht an zu lang ausgesponnenen Vorlesungen krankt. Besonders gilt dies für die rein descriptiven Fächer, bei welchen der Schwerpunct des Unterrichtes ganz sicher im eigenen Präpariren und Microscopiren, und nicht in mündlicher Beschreibung und Demonstration liegt. In der Zukunft wird man vermuthlich die descriptiven Vorlesungen sehr abkürzen, und sie, um ihnen grössere Tiefe und Fruchtbarkeit geben zu können, in eine Zeit verlegen, in welcher die Hörer durch practische Curse schon die Specialkenntnisse erworben haben, und für vergleichende und genetische Behandlung des Gegenstandes reif sind.

Bei mir findet das Practicum an 4 Wochentagen, jedesmal 1 1/2 Stunden ohne Unterbrechung statt. Die Practicanten werden, ähnlich wie in den Kliniken zum Practiciren, nach einer Liste zum Experimentiren aufgerufen. Die Aufrufung wechselt häufig; hat z. B. der eine den Apparat, die electrischen Verbindungen etc. zusammengestellt, so macht ein anderer die Präparation am lebenden oder getödteten Thiere, ein dritter führt den eigentlichen Versuch aus. Die beim Aufrufen Fehlenden erhalten ihr Zeichen, als wenn sie dagewesen wären, sie haben einfach eine Gelegenheit zum Experimentiren versäumt; eine Controlle des Fleisses etc. soll vermieden werden. Ebensowenig soll das Practicum ein Examinatorium sein; es wird ausdrücklich gestattet, sich von den anderen Practicanten mit Wort oder Hand helfen zu lassen. Auslachen wegen gemachter Fehler, ungeschickter Manipulationen etc. ist verpönt, was ich für einen wesentlichen Punct halte. Jede Frage an den Lehrer ist willkommen und wird so erschöpfend wie möglich beantwortet.

Die Practicanten werden angehalten, über alle Versuche ein Protokoll zu führen und in ein Tagebuch einzutragen. Bei electrischen Anordnungen, Apparatcombinationen u. dgl. ist eine schematische Zeichnung beizufügen. Solche Zeichnungen an der Tafel zu entwerfen, gehört mit zu den Aufgaben, zu welchen die Practicanten aufgerufen werden. Ich habe oft genug gesehen, dass strebsamere Practicanten diese Zeichnungen und Protokolle zu Hause sorgfältig ausarbeiteten, obgleich über diese Aufzeichnungen niemals eine Controlle geführt wird.

Bei grösseren vivisectorischen Versuchen erfolgt die eigentliche Operation nicht durch Practicanten, sondern durch den Lehrer, oder auch durch einen Assistenten, um demselben Gelegenheit zum physiologischen Operiren zu geben. (Diese letztere Seite des Practicums ist nicht gering anzuschlagen, weil in jedem Semester alle grösseren Schulverversuche, und weit mehr als in der Vorlesung, vorkommen.) Die Practicanten functioniren bei der Operation als Assistenten, sie haben die Wundhaken, Schwämme etc. zu handhaben, die Instrumente zuzureichen. Sie werden hierzu ebenfalls nach der Liste aufgerufen, schon damit das genauere Zusehen in nächster Nähe sich möglichst gleichmässig vertheilt. Die kleineren Hilfsoperationen werden, nachdem sie einmal vom Lehrer ausgeführt sind, bei späteren Versuchen den Practicanten übertragen, z. B. die Aufbindung des Thieres, die Präparation einer Vene und Einbindung einer Canüle behufs Narcotisirung, endlich das Anlegen gewöhnlicher Hautnähte am Schluss des Versuches.

Steigt die Zahl der Theilnehmer erheblich über 25—30 — ich habe wiederholt über 40 gehabt — so bleibt Nichts übrig, als eine Theilung in zwei parallel arbeitende Abtheilungen, deren eine von einem Assistenten beaufsichtigt wird. Die mündlichen Erläuterungen, Vorzeigungen etc., welche den eigentlichen Versuchen vorausgehen, und oft ein Drittel bis die Hälfte der 1 1/2 Stunden in Anspruch nehmen, werden natürlich Allen gemeinsam gemacht.

Den Practicanten sollte das Laboratorium auch zu anderen als den Practicumstunden offen stehen, damit sie, wenn sie wollen, Einzelnes noch genauer ansehen, gewisse Versuche wiederholen, Substanzen darstellen, welche im Practicum selbst wegen Kürze der Zeit nicht dargestellt werden können, u. dgl. An diese freiwillige Beschäftigung hat sich schon oft die Uebernahme irgend einer kleinen selbstständigen Untersuchung geknüpft. Diejenigen Studirenden übrigens, welche in späteren Semestern nach dem Practicum physiologisch arbeiten wollen, werden hierzu stets ohne Weiteres, insbesondere auch ohne Honorarzahlung, zugelassen.

Dass in einem wöchentlich 6 Stunden umfassenden Practicum nicht alle hier angeführten Versuche angestellt werden können, liegt auf der Hand; im Wintersemester ist natürlich die Zahl der Versuche grösser als im Sommersemester. Von wesentlichem Einflusse ist auch, in welchem Umfange physiologisch Chemisches in das Practicum hineingezogen wird.

Ich habe in diesem Leitfaden nur dasjenige berücksichtigt, was ich für besonders geeignet hielt; vor Allem sei darauf hingewiesen, dass derselbe keine Anleitung zu Untersuchungen, sondern nur zur Anstellung sogenannter Schulversuche sein soll. Unter Schulversuchen verstehe ich aber nicht schlechtweg diejenigen, welche in der physiologischen Vorlesung vorkommen, obwohl solche natürlich einen erheblichen Theil ausmachen, sondern die Versuche, in welchen der Studirende am leichtesten und directesten in die Hauptmethoden unsrer Wissenschaft und vor Allem in deren Denkweise eingeführt wird. Wieviel von dem hier Berücksichtigten wirklich ausgeführt wird, muss dem Ermessen des Lehrers und der Rücksicht auf Zeit, Material u. dgl. überlassen bleiben. Die Reihefolge der Versuche ist ziemlich gleichgültig. Ich beginne allerdings aus naheliegenden Gründen meist mit der Reizmethodik. Grössere vivisectorische Versuche werden nach

Belieben eingeschaltet. Eine gewisse Abwechselung ist hier practischer als ein streng systematischer Gang.

Nur von practischen Gesichtspuncten geleitet, habe ich Manches aufgenommen, was Einzelnen überflüssig erscheinen könnte. Dies gilt z. B. von den electrotechnischen Einflechtungen. Der angehende Mediciner und Physiologe kann nicht früh genug sich mit diesem uns mehr und mehr umgebenden Gebiete vertraut machen. Besser er findet hierzu eine Gelegenheit zu viel als zu wenig. Das Practicum hat eben andere Aufgaben als Vorlesung und Lehrbuch.

Die in diesem Leitfaden angeführten kleinen chemischen Versuche könnten leicht den Eindruck des Oberflächlichen machen. Ich fürchte aber diesen Tadel nicht. Die Practicanten sollen den ersten Einblick in alle Richtungen des physiologischen Experimentes gewinnen, mehr nicht, aber auch nicht weniger. Ebensowenig wie in der Vorlesung über Experimentalphysiologie die vorwiegend chemischen Gebiete deswegen wegbleiben dürfen, weil besondere Vorlesungen über physiologische und pathologische Chemie gehalten werden, ist eine ähnliche Weglassung im Practicum am Platze. Freilich ist ein besonderes chemisches Practicum für die Mediciner unentbehrlich; ja es ist sogar zweckmässig, wenn sie einen rein chemischen und einen medicinisch-chemischen Uebungscurs durchmachen. Aber der erstere, in welchem namentlich die Anfangsgründe der qualitativen unorganischen Analyse zn erlernen sind, fällt zweckmässig in die ersten Semester, schon vor dem Studium der Physiologie; das medicinisch-chemische Practicum aber wird am besten in die klinischen Semester, oder wenigstens in die Zeit nach Absolvirung der Vorprüfung verlegt. So bleibt also die Beibringung der ersten practischen Kenntnisse über die chemischen Eigenschaften des Blutes, der Absonderungen u. dgl. ganz naturgemäss eine Aufgabe des physiologischen Practicums. Die quantitativen Bestimmungen können ohne Schaden weggelassen werden, obwohl ich gewöhnlich wenig-

stens die mehr physikalischen Bestimmungsmethoden, z. B. den Gebrauch der verschiedenen Polaristrobometer, meist auch die Grundprincipien des Titrirverfahrens mit einflechte. Für genaue Titrir- und namentlich Wägungsanalysen reicht die Zeit des physiologischen Practicums nicht aus, ja es ist sogar schädlich, in diesen Dingen, welche die sorgfältigste Durchführung erfordern, eine gewisse Flüchtigkeit zu befördern.

Nicht überall konnte die Grenze des Vorlesungs- und des Practicumversuches streng innegehalten werden. Wo dieselbe zweifelhaft erschien, habe ich mich für Aufnahme in den Leitfaden entschieden.

Von Abbildungen habe ich nur wenige, grösstentheils schematische für nothwendig gehalten. Besonders schienen mir Abbildungen von Apparaten, welche ja die Practicanten in natura in die Hände bekommen, ganz entbehrlich. Für anatomische Abbildungen geben die bekannten Specialwerke über Anatomie des Frosches, des Kaninchens so Vortreffliches, dass ich höchstens entnommene Zeichnungen hätte reproduciren können.

Autorennamen sind nur da erwähnt, wo sie hergebrachtermassen zur kurzen Bezeichnung eines Versuches, eines Apparates oder einer Methode dienen.

I. Allgemeine Muskel- und Nervenphysiologie.

A. Reizung mit Kettenströmen.

1.

Der constante Strom. Erste Messungen.

a. Ein Daniell'sches Element wird gefüllt. Der Kupferpol befindet sich in gesättigter Kupfersulphatlösung, der amalgamirte Zinkpol in verdünnter Schwefelsäure (5 Vol. englische Schwefelsäure auf 95 Leitungswasser), oder in einer beliebigen Salzlösung, welche aber kein durch Zink verdrängbares Metall enthalten darf, oder endlich in gewöhnlichem Brunnen- oder Leitungswasser.

Das Zink darf nicht mit in die Kupferlösung kommen, weil es sich darin mit Kupfer überziehen, also keine electromotorische Wirkung gegen das Kupfer entfalten würde. (Versuch: Ein blankes Zinkblech wird in Kupfersulphatlösung getaucht; das sich sofort abscheidende Kupfer sieht schwarz aus; ebenso verhält sich Eisen, auf welchem aber das langsamer sich abscheidende Kupfer roth aussieht. Statt der Kupferplatte könnte man daher in die Kupferlösung des Elementes ebensogut eine Eisenplatte stellen.) Unter den oben genannten Flüssigkeiten, in welche das durch die Thonzelle von der Kupferlösung getrennte Zink kommen darf, wird die verdünnte Schwefelsäure wegen ihres guten Leitungsvermögens meist vorgezogen. Dieselbe greift aber unreines Zink unter Entwicklung von unreinem Wasserstoff an, was unnützen Zinkverbrauch und üblen Geruch verursacht; das Zink müsste daher chemisch rein sein. Um dies wenigstens für die Oberfläche zu erreichen, wird

gewöhnliches Zink amalgamirt (durch Eintauchen in Mercuronitratlösung, Abbürsten und Waschen); das schmierige Amalgam verhält sich electromotorisch und gegen die Säure wie reines Zink, und überzieht die fremden Metalle, welche die Ursache des Angriffes durch die Säure sind. (Versuch: Chemisch reines Zink wird in verdünnte Schwefelsäure getaucht, und bleibt unangegriffen; berührt man es aber in der Flüssigkeit mit Kupfer, so entwickelt sich durch Kettenbildung und Electrolyse Wasserstoffgas, und zwar am Kupfer. Noch stürmischer ist die Wasserstoffentwicklung, wenn man der Säure etwas Platinchlorid zusetzt, wodurch sich metallisches Platin am Zink absetzt.)

Die electromotorische Kraft des nicht zum Kreise geschlossenen Elementes findet ihren Ausdruck durch die an seinen freien Enden auftretenden Spannungen oder Potentiale, welche mit Electrometern gemessen werden könnten; ist das Element isolirt, so würde man am Kupferpol ein positives Potential von $^1/_2$ Volt, am Zinkpol ein ebensogrosses negatives Potential finden. Die Potentialdifferenz beträgt also 1 Volt. Da jeder mit der Erde verbundene Punct das Potential Null hat, so würde man, wenn vom Zinkpol zur Erde abgeleitet wird, an diesem das Potential Null, am positiven Pol aber + 1 Volt finden; leitet man vom Kupferpol zur Erde ab, so erhält dieser das Potential Null, und der Zinkpol — 1 Volt. Die Potentialdifferenz beider Pole bleibt bei jeder Art der Ableitung = 1 Volt, so lange die Kette offen ist.

Zur bequemen Messung von Potentialdifferenzen dient das Voltmeter, d. h. ein nach Spannungen (in Volt) graduirtes Galvanometer, dessen Widerstand so gross ist, dass die übrigen Widerstände des Kreises gegen ihn verschwinden. Schliesst man den Kreis eines Daniell durch ein geeignetes Voltmeter, so liest man in der That ungefähr 1 Volt als Potentialdifferenz ab. Streng genommen wird aber hierdurch nicht die wirkliche electromotorische Kraft, sondern nur die Potentialdifferenz der Pole, oder die sog. Klemmspannung,

im Zustande der Schliessung durch einen grossen Widerstand, gemessen. [1])

In einem geschlossenen stationären Strome fliesst die (positive) Electricität vom positiven zum negativen Pole beständig ab, etwa wie eine Flüssigkeit von einem höheren zu einem tieferen Niveau. Die electromotorische Kraft des Elementes unterhält beständig diese Niveau- oder Potentialdifferenz, welche die alleinige Ursache der Strömung ist. Auch in jedem beliebigen Abschnitt des Schliessungsdrahtes ist die Strömungsursache die Potentialdifferenz an beiden Endpuncten des Abschnittes, grade wie in einem Flüssigkeitsstrom die Ursache der Strömung überall Niveau- oder Spannungsdifferenzen sind. In beiden Fällen sind ferner diese Spannungsdifferenzen dem Widerstande der Zwischenstrecke proportional.

Fig. 1 drückt demgemäss die Potentialhöhen im Schliessungsbogen einer Kette durch Ordinatenhöhen aus. Auf der

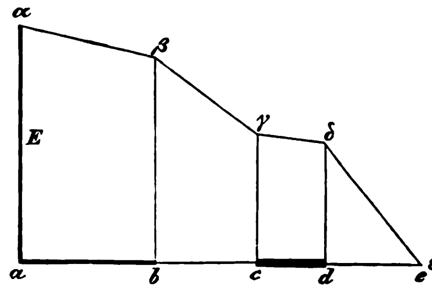


Fig. 1.

Axe *a e* stellen die einzelnen Theile *a b*, *b c* etc. Länge und Dicke der verwendeten Drahtabschnitte des gradlinig aufgewickelten

---

[1]) Man darf sich daher nicht wundern, wenn ein mit den Polen eines Daniell verbundenes Voltmeter nur 0,8 Volt und noch weniger angiebt. Der Widerstand eines Daniell ist meist nicht klein genug, um gegen denjenigen eines geeigneten, d. h. noch Bruchtheile eines Volt angebenden Voltmeters zu verschwinden; man überzeugt sich leicht, dass Alles, was den Widerstand des Elementes vergrössert, z. B. geringe Füllung, kleine Pole, sehr dünne Säure, die scheinbare Spannung bis 0,6 Volt und noch weniger herabdrückt, obwohl die Spannung des offenen Elements stets 1 Volt bleibt.

Schliessungsbogens dar, welche sämmtlich aus gleichem Metall bestehend gedacht sind, so dass die Widerstände den Längen proportional, den Dicken umgekehrt proportional sind. *a* und *e* sind die Enden des Schliessungbogens, d. h. die Pole der Kette, und zwar ist angenommen, dass der negative Pol *e* zur Erde abgeleitet ist, also (s. oben) das Potential Null hat. Die Ordinate $a\alpha$ stellt also das Potential des positiven Poles dar, welches in diesem Falle der vollen electromotorischen Kraft E gleich ist. Die gebrochene Linie $\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon$ ist dann die Curve des Potentialgefälles längs des Schliessungsbogens. Die Steilheit des Gefälles entspricht überall dem Widerstande.

Nimmt man, wie in Fig. 2, die Längen auf der Axe nicht den Drahtlängen, sondern ihren Widerständen entsprechend an, so

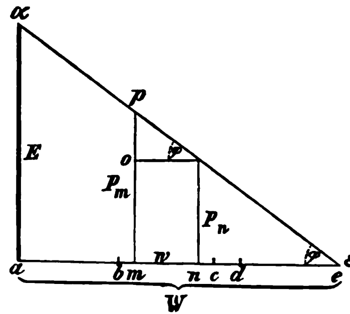


Fig. 2.

wird das Potentialgefälle gradlinig. Die Länge *a e* drückt dann den gesammten Widerstand W des Schliessungsbogens aus. Nach dem Ohm'schen Gesetz ist die Intensität $I = \frac{E}{W}$; da letztere Grösse $=$ $tg\ \varphi$ ist, so drückt die Steilheit des Potentialgefälles, genauer die Tangente des Winkels φ zwischen Gefälllinie und Axe, die Stromintensität aus. Man sieht auch sofort, dass diese Steilheit grösser wird, wenn entweder E sich vergrössert, oder W sich verkleinert, d. h. *a e* sich verkürzt.

Die Potentialdifferenz zwischen zwei beliebigen Puncten *m* und *n* der Leitung wird offenbar durch $P_m - P_n$, d. h. durch die

Länge *op* dargestellt. Da die Länge *mn* den Widerstand *w* der Zwischenstrecke ausdrückt, so ist offenbar

$$P_m - P_n = w.\ tg\ a = Iw = \frac{Ew}{W}.$$

Die Potentialdifferenz zweier Puncte der Leitung ist also stets das Product aus der Stromintensität und dem Widerstand der Zwischenstrecke.

Enthält die Leitung an der Stelle *f* noch eine zweite electromotorische Kraft *e*, so wird dieselbe die Intensität vergrössern oder verkleinern, je nachdem sie der Kraft *E* gleichsinnig oder entgegen wirkt. Der erstere Fall ist durch Fig. 3, der zweite

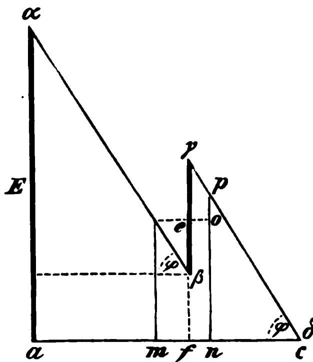


Fig. 3.

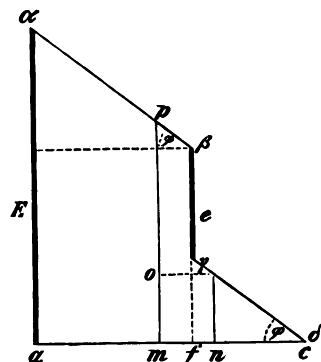


Fig. 4.

durch Fig. 4 dargestellt. In der That wird im ersten Falle das Gefälle steiler, im zweiten weniger steil, als mit der Kraft *E* für sich, und wieder ist $tg\ \varphi = I$, und zwar, dem Ohm'schen Gesetze entsprechend:

$$tg\ \varphi = I = \frac{E+e}{W},\ \text{resp.}\ tg\ \varphi = I = \frac{E-e}{W}.$$

Die Potentialdifferenz der beiden Puncte *m* und *n*, wenn die Stelle *f* zwischen ihnen liegt, ist offenbar wieder $= op$, und beträgt

bei gleichsinniger Kraft (Fig. 3) $P_m - P_n = Iw - e$

bei gegensinniger Kraft (Fig. 4) $P_m - P_n = Iw + e$.

Ganz allgemein erhält man also die Potentialdifferenz zweier Puncte der Leitung, wenn man das Product aus Intensität und

Widerstand der Zwischenstrecke nimmt, und eine etwa in der Strecke vorhandene Kraft subtrahirt oder addirt, je nachdem sie gleichsinnig oder gegensinnig ist. Diese Potentialdifferenz drückt stets den Betrag in der Richtung des Stromes genommen aus.

Hiernach lässt sich leicht die Klemmspannung an den Polen (*a* und *b*) eines geschlossenen Elementes berechnen (Fig. 5). Ist W der Widerstand des Elementes, w derjenige des

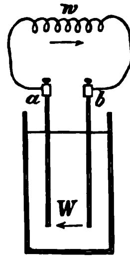


Fig. 5.

Schliessungsdrahtes, ferner E die electromotorische Kraft des Elementes, so ergiebt sich nach den obigen Regeln aus dem Widerstande des Schliessungsbogens:

$$P_a - P_b = I\,w.$$

Ebensogut kann man aber diese Potentialdifferenz aus der Kette selbst berechnen; sie ist, da E dem in das Element eintretenden Strome entgegengesetzt gerichtet ist,

$$P_b - P_a = IW + E.$$

Beide Werthe führen natürlich zu demselben Resultat, welches man erhält, wenn man nach dem Ohm'schen Gesetz

$$I = \frac{E}{W+w}$$

einsetzt. Man erhält

$$P_a - P_b = \frac{Ew}{W+w}.$$

Ist das Element nicht geschlossen, d. h. $w = \infty$, so ergiebt sich, wie schon oben erwähnt, und wie man findet, wenn man den vorstehenden Ausdruck auf die Form $E\left(1 - \frac{W}{W+w}\right)$ bringt,

$$P_a - P_b = E.$$

Ist w so gross, dass W dagegen verschwindet, wie bei Schliessung durch ein ideales Voltmeter, so ist ebenfalls $P_a - P_b = E$. Ist dagegen die Kette durch einen kurzen dicken Draht geschlossen, so dass w gegen W verschwindet, so ist, wie die zweite Form des obigen Ausdrucks lehrt,

$$P_a - P_b = 0,$$

d. h. die Klemmspannung Null.

Am directesten kommen diese Principien in der Electrotechnik zur Anwendung, und da mehr und mehr die physiolo-

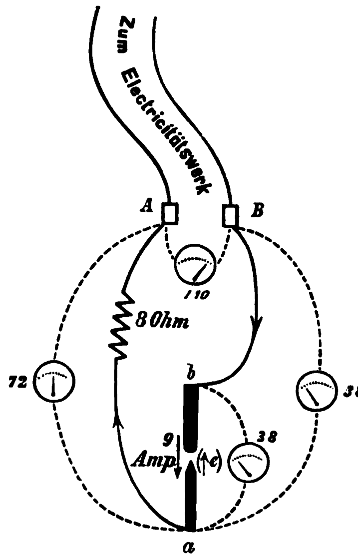


Fig. 6.

gischen Institute entweder eigene Starkstromeinrichtung oder Anschluss an ein Electricitätswerk besitzen, so sollen hier einige Beispiele angeführt werden.

Es sei die von der Maschine, vom Accumulator oder vom Electricitätswerk unterhaltene Klemmspannung n Volt (in der Regel $n = 65$ oder 110); soll dieselbe zum Betriebe irgend eines Apparats auf p Volt herabgesetzt werden, so muss, wenn dic

Stromstärke i Ampère sein soll, ein „Vorschaltwiderstand" von der Grösse (da $iw = n - p$)

$$w = \frac{n - p}{i} \text{ Ohm}$$

zu Hilfe genommen werden. Eine 9 amperige Bogenlampe ($i = 9$) brauche z. B. an ihren Zuleitungsklemmen eine Spannung von $p =$ 38 Volt, dann müssen für $n = 110$ 8 Ohm, für $n = 65$ 3 Ohm vorgeschaltet werden. Während des Betriebes der Lampe wird dann ein Voltmeter 110 (resp. 65) oder 38 Volt anzeigen, je nachdem es an die beiden Hauptklemmen AB oder an die beiden Lampenklemmen $a\ b$ angeschlossen wird. In Fig. 6 sind 4 Voltmeter angebracht, und die an ihnen abgelesenen Spannungen verzeichnet.[1]) Man erkennt, dass der Anschluss an B oder b keinen Unterschied macht, weil der Widerstand des Drahtes Bb verschwindend klein ist. Dagegen ist der Anschluss an A oder a durchaus nicht gleichwerthig, weil zwischen beiden der Widerstand von 8 Ohm, also ein Spannungsabfall von 72 Volt liegt.

Der 38 Volt betragende Spannungsabfall der Lampe wird theils durch den Widerstand derselben (Windungen, Kohlen, vor Allem aber Lichtbogen), theils durch eine Gegenkraft e des Lichtbogens hervorgebracht. Wäre nur Widerstand die Ursache, so betrüge derselbe offenbar 38/9 d. h. $4\,{}^2/_9$ Ohm, d. h. wenn man zwischen a und b statt der Lampe einen Widerstand von $4\,{}^2/_9$ Ohm einschaltet, ändern sich die Voltmeterangaben nicht. In Wirklichkeit beträgt die Gegenkraft e vielleicht 35 Volt, also der eigentliche Widerstand nur ${}^1/_3$ Ohm.

Wiederum graphisch dargestellt bedeute in Fig. 7 $a\alpha$ eine Klemmspannung von 110 Volt, $a\beta$ eine solche von 65 Volt, ferner sei φ der Winkel, dessen Tangente die Intensität 9 Ampère darstellt. Soll dann eine Lampe von der Spannung $b\gamma = 38$ Volt durch den Strom betrieben werden, so muss im ersteren Falle der Widerstand $a\ b$ (= 8 Ohm), im letzteren der Widerstand $a\ b'$ (= 3 Ohm) eingeführt werden. Hat die Lampe die Gegenkraft $\delta\gamma$

---

[1]) In der Figur ist vorausgesetzt, dass das Electricitätswerk trotz des Lampenbetriebes an den Klemen A und B die volle Spannung von 110 Volt unterhält, was in der Praxis nicht zutrifft.

(= 35 Volt), so nähme das Diagramm die Gestalt der Fig. 8 an, worin *d b*, resp. *d' b'* die der Lampe zukommende Widerstandslänge ($^1/_3$ Ohm).

Das Voltmeter soll die Spannungsdifferenz derjenigen Puncte, an welche seine Enden angelegt sind, durch seinen Stromzweig,

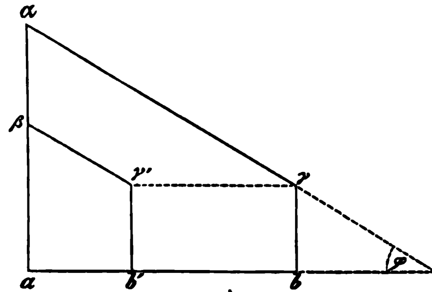


Fig. 7.

resp. dessen Ablenkung messen. Hierzu ist offenbar erforderlich, dass das Instrument selbst diese Spannungsdifferenz nicht merklich vermindert, d. h. dass es keine merkliche Spannungsaus-

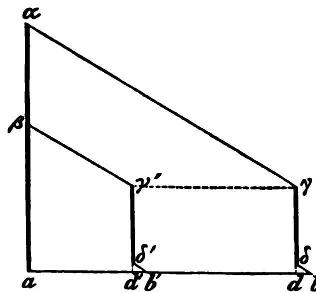


Fig. 8.

gleichung gestattet, also keinen wesentlichen Stromzweig aufnimmt, mithin sein Widerstand so gross wie möglich ist, ohne die ablenkende Wirkung ganz aufzuheben. Der Eigenwiderstand eines Voltmeters muss aus letzterem Grunde offenbar um so kleiner sein, je kleinere Spannungsdifferenzen es noch zu messen gestatten soll; ein Voltmeter für kleine Spannungsdifferenzen ist daher un-

geeignet für stromgebende Vorrichtungen, deren Eigenwiderstand nicht ungemein gering ist (vgl. S. 9 Anm.).

b. Das Element wird durch einen kurzen dicken Draht geschlossen. Der Strom scheidet am Kupferpol sichtbar Kupfer als hellrothen Belag aus, und löst eine äquivalente Menge Zink auf, welches, wenn man statt der Schwefelsäure eine neutrale Salzlösung verwandt hat, in dieser nachgewiesen werden kann (weisser Niederschlag von Zinkhydrat durch wenig Kaliumhydrat, welcher sich im Ueberschuss löst; weisser Niederschlag von Zinksulphid durch Schwefelammonium). Die in der Zeiteinheit abgeschiedene, resp. aufgelöste Metallmenge ist der Intensität des Stromes proportional, und bildet das einfachste Maass derselben. 1 Ampère, die Intensitätseinheit, scheidet in der Minute 19,68 mgrm Kupfer ab, und löst 20,21 mgrm Zink auf.

Die Intensität durch ein Ampèremeter zu messen, ist im vorliegenden Falle nicht möglich. Ein Ampèremeter (vgl. dagegen über das Voltmeter oben S. 8, 15) ist nämlich ein nach Intensitäten graduirtes Galvanometer von so kleinem Widerstande, dass derselbe gegen denjenigen des zu untersuchenden Stromkreises verschwindet, also dessen Intensität nicht ändert. Solche Instrumente können offenbar nur geringe Windungszahl haben, und sind daher für schwache Ströme, von weniger als 1 Ampère, zu unempfindlich. (Ein Daniell von gewöhnlicher Grösse hat einen Eigenwiderstand von mindestens 2 Ohm, und kann daher keinen stärkeren Strom als $^1/_2$ Ampère liefern.) Allerdings giebt es Ampèremeter für sehr viel schwächere Ströme, sog. Milli-Ampèremeter. Die Windungszahl derselben bedingt aber einen so grossen Widerstand, dass sie nur in Kreisen von Tausenden von Ohm, z. B. in solchen, welche Muskeln, Nerven oder den menschlichen Körper enthalten, verwendet werden dürfen. Direct mit einem Daniell verbunden, geben sie zwar den dann vorhandenen Strom richtig an; dieser Strom ist aber unvergleichlich schwächer, als in dem betrachteten Falle, wo das Element durch einen kurzen Draht geschlossen ist.

Der Widerstand des Elementes für sich kann daher im Allgemeinen nicht durch Messung der Stromstärke bestimmt werden. Er würde sein, wenn I die Stromstärke, E die electromotorische Kraft, w der Widerstand des Schliessungsbogens ist, $W = E/I - w$. Ueber directe Messung s. **52 f.**

Der Widerstand eines Elementes rührt wesentlich von der Flüssigkeit zwischen den Metallen her. Sind die Metalle parallele Platten, so ist der wesentliche Widerstand derjenige des Flüssigkeitsparallelepipeds zwischen beiden eingetauchten Flächen, also proportional ihrem Abstand und umgekehrt proportional ihrer Flächengrösse, ausserdem proportional dem spec. Widerstand der verwendeten Flüssigkeiten; er nimmt mit zunehmender Temperatur ab. Auch bei der gewöhnlichen Elementform mit cylindrischen Metallflächen kann man den Widerstand annähernd dem mittleren Abstande derselben proportional und dem Mittel beider eingetauchten Flächen umgekehrt proportional setzen. Der Widerstand der Elemente nimmt jedenfalls mit zunehmender Grösse der Metalle, mit abnehmendem Abstande derselben und mit der Höhe der Füllung ab. Steht wie bei den gewöhnlichen Flaschenelementen (**2 a**) das eine Metall zwischen zwei Platten des anderen, so ist der Widerstand nur halb so gross, als wenn die eine der beiden letzteren fehlte.

c. Ein Grove'sches Element wird gefüllt. Das Platin befindet sich in einer Mischung von gleichen Theilen rauchender und roher Salpetersäure, das amalgamirte Zink in der in **a** erwähnten Schwefelsäure. Die Thonzelle ist nothwendig, weil die Salpetersäure das Zink stürmisch auflösen würde. Die electromotorische Kraft beträgt etwa 1,8 Volt (am Voltmeter zu prüfen). Der Widerstand ist weit kleiner als der eines gleich grossen Daniell. Der geschlossene Strom verzehrt Zink und reducirt durch Oxydation des Wasserstoffs am Platin die Salpetersäure, welche durch Bildung von Untersalpetersäure grün wird.

d. Ein Bunsen'sches Element wird vorgezeigt. Füllung, Potentialdifferenz etc. wie sub **c.**

2.

Die halbconstanten Ketten.

a. Ein Bunsen'sches Tauchelement, ebenso Batterien von solchen, werden durch Eintauchen in Thätigkeit gesetzt, und zwar mit frisch eingefüllter Füllflüssigkeit. Dieselbe besteht aus 50 Gewichtstheilen engl. Schwefelsäure, 50 roher Chromsäure und 100 Wasser. Anwendung von Kaliumbichromat statt der Chromsäure giebt zu lästigen Krystallisationen von Chromalaun Veranlassung. Da das Zink mit eingetaucht werden darf, ist keine Thonzelle nöthig, daher der Widerstand gering, zumal wenn das Zink sich zwischen zwei Kohlenplatten befindet (s. oben S. 17). Die Potentialdifferenz des frischen Elementes beträgt gegen 2 Volt. Durch Schliessung mittels eines kurzen Kupferdrahtes mit Verticalgalvanoscop zeigt sich 1) Braunwerden der Flüssigkeit durch Bildung von grünem Chromsulphat (Reduction der Chromsäure durch den an der Kohle gebildeten Wasserstoff), 2) Sinken der ursprünglichen Stromstärke, weil das Element nicht völlig constant ist; nach längerer Schliessung durch einen dicken Draht zeigt ein Voltmeter nur noch etwa 1,3 Volt pro Element (und scheinbar noch weniger, vgl. S. 9 Anm.).

Ein Wasserzersetzungsapparat für getrennte Auffangung der Gase zeigt, mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt, bei der Electrolyse durch den Strom einer mehrgliedrigen Kette 2 Vol. Wasserstoffgas auf 1 Vol. Sauerstoffgas. Wird der Apparat dagegen, statt mit verdünnter Schwefelsäure, mit Chromsäuremischung gefüllt, so entsteht weit weniger Wasserstoff als Sauerstoff, und die Lösung wird am kathodischen Pol durch die Reduction dunkel.

b. Ein Leclanché-Element wird vorgezeigt, und in ähnlicher Weise untersucht.

3.

Die Polarisation und die Ladungsketten oder Accumulatoren (Sammler).

a. Ein Wasserzersetzungsapparat wird mittels einer Pohl-schen Wippe ohne Kreuz[1]) mit einem Daniell'schen Element und gleich darauf mit einem Vertical-Galvanoscop verbunden. Letzteres zeigt durch Ablenkung eine electromotorische Kraft der vorher wirkungslosen Platinplatten an, welche dem durch letztere geleiteten Strom entgegengesetzt gerichtet ist.

Diese Wirksamkeit verschwindet sehr schnell, und zwar durch den von ihr selbst hervorgebrachten Strom (Depolarisationsstrom). Verbindet man die Platinplatten nicht unmittelbar nach der Durchströmung mit dem Galvanometer, sondern lässt sie vorher einige Zeit ohne Schliessung, so zeigt sich noch Polarisation, aber in vermindertem Grade (Depolarisation durch sog. Zerstreuung).

Ein Daniell kann die Platinplatten zwar polarisiren, aber keine sichtbare Gasentwicklung hervorbringen, weil hierzu eine Potentialdifferenz von 1 Volt nicht genügt.

b. Wiederholung der Versuche mit amalgamirten Zinkplatten statt des Platins und mit gesättigter Zinksulphatlösung statt der Schwefelsäure ergiebt keine Polarisation.

c. Die Inconstanz eines einfachen Zinkkupferelements mit verdünnter Säure wird am Verticalgalvanoscop demonstrirt und durch die Polarisation erläutert.

d. Der Accumulator wird demonstrirt, ebenso dessen Benutzung (Entladung), gelegentlich auch die Ladung gezeigt.

Die gebräuchlichsten Accumulatoren bestehen aus Elementen, welche Bleiplatten in ziemlich starker Schwefelsäure enthalten; die

[1]) Die Wippennäpfe dürfen nur so wenig Quecksilber enthalten, dass die Drahtenden beim Umlegen nie auf beiden Seiten zugleich eintauchen können.

Platten sind mit Bleioxyden (Bleiglätte, Mennige, Bleisuperoxyd) überzogen; die zu positiven und die zu negativen Polen bestimmten Platten haben meist von vornherein etwas verschiedenen Ueberzug. Um die wirksame Oberfläche möglichst gross, den Widerstand möglichst klein zu machen, stehen die Platten (ähnlich wie in den Flaschenelementen, **2 a**) so, dass jede positive zwischen zwei negativen sich befindet (vgl. Fig. 9). Führt man einen Strom

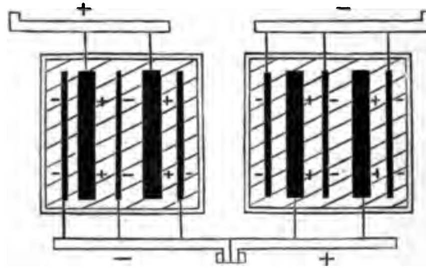


Fig. 9.

so zu, dass er in jedes Element durch die positiven Platten ein- und durch die negativen austritt, so wird der Oxydüberzug der ersteren reducirt, derjenige der letzteren zu Superoxyd oxydirt, und hierdurch eine Spannung von mehr als 2 Volt pro Element erzeugt. Die Beendigung der Ladung ist daran erkennbar, dass der Strom nunmehr Wasserstoff- und Sauerstoffgas entwickelt. Das Superoxyd (welches am negativen Ende der Volta'schen Spannungsreihe steht) wird positiver, das Blei negativer Pol der Kette.

Beim Gebrauche („Entladung") der geladenen Elemente reducirt sich das Superoxyd und oxydirt sich das reducirte Blei. Dabei sinkt die Spannung, anfangs langsam, dann schneller; ist sie auf etwa 1,75 Volt gesunken, so muss neu geladen werden.

Die Combination der Elemente zur Kette erfolgt nach denselben Principien, wie bei gewöhnlichen Elementen (vgl. **4**). Da 30 Elemente, hintereinander geschaltet, bei der Ladung bis weit über 60 Volt annehmen, so können sie mit einer Dynamomaschine von 65 Volt nicht gut anders als in zwei parallel geschalteten Reihen zu je 15 Elementen geladen werden. Auch bei der Ent-

ladung ist diese Schaltung zuweilen zweckmässig, wie sogleich gezeigt werden wird.

Die Stromstärke, mit welcher der Accumulator geladen und entladen werden darf, ist um so grösser, je grösser die Gesammtoberfläche der Platten, d. h. die Zahl und Grösse derselben pro Element, da es wesentlich auf die Dichte des Stromes an den Platten ankommt. Will man daher einem Accumulator, welcher nur mit 10 Ampère entladen werden darf, einen Strom von 20 Ampère entnehmen, so muss man ihn in zwei Reihen schalten; jede derselben liefert dann 10 Ampère; freilich ist die Spannung des Stromes dann nur halb so gross.

Unter Capacität des Accumulators versteht man das entnehmbare Product aus Ampère- und Stundenzahl. Dieselbe wächst natürlich ebenfalls mit der Plattenoberfläche.

4.

Der Widerstand der Kette und des Schliessungsbogens. Das Ohm'sche Gesetz.

Mit einem wenig empfindlichen Verticalgalvanoscop wird gezeigt, dass ein grosses Element stärkeren Strom giebt, als ein kleines derselben Gattung. Mit einem Milli-Ampèremeter (welches an sich einen grossen Widerstand hat) zeigt sich kaum ein Einfluss der Elementgrösse, und derselbe schwindet völlig, wenn ausserdem, mittels eines Stöpselrheostaten, ein grösserer Widerstand mit eingeschaltet wird.

Umgekehrt zeigt am Galvanometer (Verticalgalvanoscop) eine mehrgliedrige Kette keinen stärkeren Strom als ein einziges Element; dagegen steigt die Intensität mit der Zahl der Elemente, wenn ein grosser Widerstand im Schliessungsbogen ist.

---

[1]) Die Dichte der Schwefelsäure steigt durch das Laden etwa von 1,15 bis 1,18, indem an den negativen, nach Andern an beiden Platten gebildetes Bleisulphat zersetzt wird; während der Entladung sinkt sie durch Sulphatbildung; die Dichte der Säure ist daher ein einfaches Mittel, um den Grad der Entladung zu erkennen.

Das Ohm'sche Gesetz, welches diesen Versuchen zu Grunde liegt, ist bereits S. 11 abgeleitet. Denn da stets das Product aus Intensität und Widerstand einer Leiterstrecke gleich der Potentialdifferenz an ihren Enden ist, so ist in einem geschlossenen Kreise, welcher ein Element von der Potentialdifferenz E enthält, wenn W die Summe aller Widerstände, und I die Stromintensität bezeichnet,

$$I\,W = E, \quad \text{also} \quad I = \frac{E}{W}.$$

Sind mehrere Elemente im Kreise, und betrachtet man die Widerstände der einzelnen Abschnitte (Elemente, Schliessungsdraht), so ist

$$I = \frac{\Sigma E}{\Sigma W},$$

wobei, wenn einzelne Elemente entgegengesetzt geschaltet sind, ihre Kräfte in der algebraischen Summe des Zählers mit negativem Vorzeichen zu nehmen sind.

Bilden n gleiche Elemente eine Kette, hat ferner jedes den Widerstand w, und ist W der Widerstand des Schliessungsbogens, so ist die Intensität des Stromes offenbar

$$I = \frac{nE}{nw + W}.$$

Sind dagegen alle Elemente nebeneinander geschaltet, d. h. alle positiven Pole untereinander verbunden, und ebenso alle negativen, so bilden sie zusammen ein einziges grosses Element, dessen Widerstand nur $1/n$ des Widerstandes eines Einzelelementes ist, es wird also

$$I = \frac{E}{\frac{w}{n} + W} = \frac{nE}{w + nW}.$$

Man kann die n Elemente auch zu a Gruppen hintereinander schalten, deren jede n/a neben einander geschaltete Elemente enthält; der Widerstand jeder Gruppe ist dann w dividirt durch n/a, also aw/n, also der Widerstand der Kette a^2w/n. Die electromotorische Kraft jeder Gruppe ist E, diejenige der ganzen Kette also aE; folglich ist die Stromintensität

$$I = \frac{aE}{a^2w/n + W} = \frac{anE}{a^2w + nW}.$$

Bei welcher Schaltungsweise die n Elemente in dem Schliessungsbogen vom Widerstande W die grösste Intensität hervorbringen, findet man nach den Regeln der Differentialrechnung, wenn man $dI/da = 0$ setzt; es ergiebt sich

$$a = \sqrt{\frac{n W}{w}}.$$

Setzt man diesen Werth in den Ausdruck für den Widerstand der Kette $a^2 w/n$ ein, so ergiebt sich für diesen der Werth W; d. h. man erhält die grösste Intensität, wenn die Kette so geschaltet wird, dass ihr Widerstand gleich dem des Schliessungsbogens ist. Da aber a und n stets ganze Zahlen sein müssen, so kann man diesem Fall im Allgemeinen nur sich möglichst nähern.

Beispiel. Es seien 12 Elemente von 1 Volt und 3 Ohm vorhanden; die folgende Tabelle ergiebt dann für alle möglichen Schaltungsweisen die Intensität, einmal für einen Schliessungsbogen von 1 Ohm, und dann für einen sol[illegible]n von 5 Ohm.

Schaltung	Electromot. Kraft der Kette	Widerstand der Kette	Intensität für 1 Ohm	Intensität für 5 Ohm
1) Alle Elemente hintereinander	12 Volt	36 Ohm	0,324 Amp.	0,293 Amp.
2) 6 Gruppen zu 2 Elementen	6 „	9 „	0,600 „	0,429 „
3) 4 „ „ 3 „	4 „	4 „	0,800 „	**0,444** „
4) 3 „ „ 4 „	3 „	$2^1/_4$ „	0,923 „	0,414 „
5) 2 „ „ 6 „	2 „	1 „	**1,000** „	0,333 „
6) Alle Elemente nebeneinander	1 „	$^1/_4$ „	0,800 „	0,190 „

Die hervorgehobenen Zahlen zeigen den Fall der zweckmässigsten Schaltung an. Für den Schliessungsbogen von 1 Ohm wird die Gleichheit mit dem Kettenwiderstande wirklich erreicht, für den von 5 Ohm nicht; aber das Maximum liegt auch hier bei demjenigen Kettenwiderstande (4 Ohm), welcher 5 Ohm am nächsten kommt.

Für grosse Widerstände müssen offenbar stets alle vorhandenen Elemente hintereinander geschaltet werden.

5.

Reizung des Nerven mit Kettenströmen. Das Zuckungsgesetz.

a. Aufstellung des Apparates. Da die Wirkung schwächster Ströme untersucht werden soll, ist der Strom eines Daniell'schen Elementes zu stark, obwohl derselbe, wenn eine 1 cm lange Strecke des Frosch-Ischiadicus eingeschaltet ist, weniger als $^1/_{50}$ Milli-Ampère beträgt. Durch Einschaltung von Rheostatwiderständen neben dem Nerven würde er schwer auch nur auf die Hälfte zu bringen sein. Wirksamer wäre Verlängerung der eingeschalteten Nervenstrecke, welche aber ebenfalls für die schwächsten Ströme nicht ausreicht, und ausserdem den besonderen Einfluss der Streckenlänge auf die Erregungswirkung des Stromes mit einführt.

Es muss daher zur Stromverzweigung gegriffen werden, d. h. zur Herstellung von Nebenschliessungen zum Nerven. Als solche empfiehlt sich am meisten ein Stöpselrheostat. Weniger zuverlässig ist der du Bois'sche Rheochord, welcher neben einem Stöpselrheostaten noch einen continuirlich variirbaren Widerstand in Gestalt zweier Platindrähte mit verbindendem Schieber besitzt.

Kirchhoff'sche Sätze. In einem durchströmten Drahtnetz ist 1) an jedem Puncte der Leitung, also auch an den Verzweigungspuncten, da bei stationären Strömen ebensoviel Electricität abfliesst wie zufliesst, die algebraische Summe der Intensitäten Null, d. h. $\Sigma(i) = 0$; 2) in jedem in sich geschlossenen Theil der Leitung die Summe der Producte aus Intensität und Widerstand jeder Strecke gleich der Summe der in dem betrachteten Theil vorhandenen electromotorischen Kräfte, d. h. $\Sigma(iw) = \Sigma(e)$[1]. [Der letztere Satz ergiebt, auf einen unverzweigten Stromkreis angewendet, wiederum das Ohm'sche Gesetz.]

---

[1]) Dieser Satz ist eine einfache Folgerung aus dem oben S. 10f. Entwickelten.

Wendet man diese Sätze auf alle Verzweigungspuncte und alle in sich geschlossenen Theile eines verzweigten Systems an, so erhält man stets soviel Gleichungen, wie unverzweigte Strecken vorhanden sind, und kann also, wenn alle Widerstände und electromotorischen Kräfte gegeben sind, alle Intensitäten berechnen.

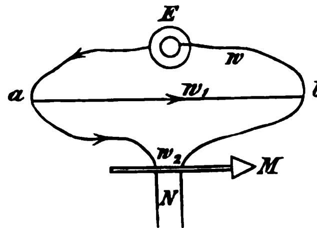


Fig. 10.

Auf das System Fig. 10 angewendet, ergeben die Sätze, wenn i und w Intensität und Widerstand für die Leitung aEb, i_1 und w_1 ebenso für ab, und i_2 und w_2 für aNb bezeichnen:

1) für den Punct a (und ebenso für Punct b):

$$I - i_1 - i_2 = 0,$$

2) für den Kreis $aEba$:

$$iw + i_1 w_1 = E,$$

3) für den Kreis $aNba$:

$$i_1 w_1 - i_2 w_2 = 0,$$

4) für den Kreis $aEbNa$:

$$iw + i_2 w_2 = E.$$

(Diese Gleichung ergiebt nichts Neues, da sie schon aus 2) und 3) folgt.)

Die Gleichung 3) ergiebt $i_1 : i_2 = w_2 : w_1$, d. h. in zwei Zweigen, welche keine electromotorische Kraft enthalten, verhalten sich die Intensitäten umgekehrt wie die Widerstände.

Es ist nützlich, diesen Satz sich noch auf andere Weise zu veranschaulichen. Ist AB (Fig. 11) die Potentialdifferenz der beiden Verzweigungspuncte a und b der Fig. 10, und stellt die Länge AC den Widerstand w_1, und AD den Widerstand w_2 dar,

so ist nach **1**, da beide Widerstandsstrecken keine electromotorische Kraft enthalten, die Intensität i_1 proportional $tg\,\varphi_1$, und i_2 proportional $tg\,\varphi_2$, also offenbar

$$i_1 : i_2 = \frac{AB}{AC} : \frac{AB}{AD} = AD : AC = w_2 : w_1.$$

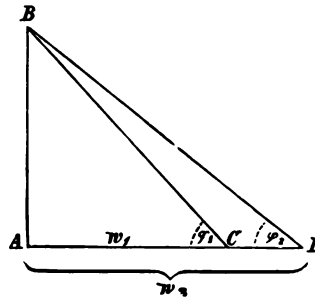


Fig. 11.

Löst man die Gleichungen 1) bis 3) für die Intensitäten auf, so erhält man

$$i = \frac{E(w_1 + w_2)}{ww_1 + ww_2 + w_1 w_2}, \quad i_1 = \frac{Ew_2}{ww_1 + ww_2 + w_1 w_2},$$

$$i_2 = \frac{Ew_1}{ww_1 + ww_2 + w_1 w_2}.$$

Die Intensität im Nerven (i_2) wächst also mit dem Widerstand der Nebenschliessung w_1, ist aber demselben nicht proportional, da w_1 auch im Nenner vorkommt. Ist aber der Widerstand w_1 verschwindend klein gegen w und gegen w_2, so reducirt sich den Nenner auf ww_2, und es wird

$$i_2 = \frac{Ew_1}{ww_2},$$

d. h. der Strom im Nerven dem Widerstand der Nebenschliessung proportional. Um dies zu erreichen genügt es, da der Widerstand des Nerven stets sehr gross ist, den Widerstand w durch Aufnahme eines kleinen Rheostaten in den Kettenkreis zu vergrössern, was sich auch deswegen empfiehlt, um die allerschwächsten Ströme im Nerven herstellen zu können.

Da der Nerv im Allgemeinen nur auf Schliessungen und Oeffnungen reagirt, ist ein Schlüssel in die Haupt- oder die Nervenleitung einzuschalten, am besten ein einfacher Platincontact (sog. Punctschlüssel), weil Vorreibeschlüssel keine absolut momentanen Acte ergeben. Die Einschaltung des Schlüssels in die Hauptleitung ist vorzuziehen, weil sonst die Kette durch die Nebenschliessung beständigen Schluss hat, also beständig Zink verbraucht.

Zum Wechsel der Stromrichtung im Nerven ist ein Stromwender (Pohl'sche Wippe) in die Haupt- oder Nervenleitung aufzunehmen.[1])

b. Herstellung des Präparates. Der Frosch wird mit Daumen und Zeigefinger der linken Hand durch Umgreifen des Beckens vom Rücken her gefasst, und durch Einführen des spitzen Scheerenblattes durch das Abdomen hindurch die Wirbelsäule etwa 1 cm über der Beckenbeuge durchschnitten, dann sofort ein geeigneter Stahldraht (der sog. Abfänger, mit Heft versehen) in den Wirbelkanal bis in den Schädel eingeführt, und durch stempelartige Bewegungen Rückenmark und Gehirn zertrümmert. Hierauf wird der Schnitt durch Einführen des stumpfen Scheerenblattes zu beiden Seiten längs des Beckens durch Haut und Bauchwand verlängert und durch einen die hängenden Baucheingeweide hart über der Symphyse mit durchtrennenden Querschnitt der Vordertheil sammt den Eingeweiden vollends von den Hinterbeinen getrennt, und letztere durch einen Zug an der Beckenhaut enthäutet und auf eine reine Platte gelegt. (Der Vordertheil des Frosches wird den Practicanten zur Ausführung des, frühzeitig zu zeigenden Vagusversuches überlassen; siehe 82.)

Das erste für das Zuckungsgesetz genügende Präparat besteht aus Unterschenkel und Ischiadicus. Auf der Rück-

---

[1]) Principiell richtiger ist die Aufnahme des Stromwenders in die Nervenleitung, weil hier etwaige kleine Widerstandsdifferenzen der beiden Wippenlagen nicht in Betracht kommen.

seite des Oberschenkels werden die Muskeln zu beiden Seiten der Fossa ischiadica auseinandergezogen (die Fascie nöthigenfalls mit der Scheere zu spalten), das stumpfe Scheerenblatt unter dem in der Furche erscheinenden Nerven, resp. seinen beiden Endästen, hart über dem Knie durchgeführt, und der ganze Oberschenkel hier mit einem kräftigen Schnitt durchtrennt. Jetzt wird der Fuss gefasst (nicht der Unterschenkel! — jede unnütze Berührung von Versuchsmuskeln ist zu vermeiden), mittels desselben der Nerv sanft gespannt, und durch Abschneiden seiner Oberschenkeläste bis zum Beckenausgang frei präparirt. Die Präparation des Beckentheils (Plexus) erfolgt durch Einführen des stumpfen Scheerenblattes dicht an der Aussenseite des nach innen zu ziehenden Nerven in das Becken, und Durchschneidung der Beckenmusculatur hart am Os ilium bis zum Wirbelsäulenstumpf. Der nun frei liegende Plexus wird bis an den Ursprung abgelöst, und ihm ein Knochenstückchen als Handhabe belassen.

Der Nerv darf mit der Pincette nur an diesem Knochenstückchen gefasst werden; besser wird er mittels eines knöchernen, in 0,6-procentige Steinsalzlösung getauchten beinernen Häkelhakens gehandhabt.

c. Ausführung des Versuches. Der Schenkel wird für die elementarsten Versuche auf eine Korkplatte gelegt und mit einer den Kniestumpf durchbohrenden Stecknadel befestigt. Der Nerv wird auf 2 in einem Stativ (vgl. Anm. zu 6) befestigte horizontale Zinkdrahtelectroden von geeignetem Abstand mit einem Theile seines oberen Verlaufes aufgelegt. Gradlinige Streckung des Nerven, welche das Vertrocknen befördert, ist zu vermeiden. Das Präparat wird mit einer feuchten Kammer bedeckt. Hierauf wird durch Verfolgen des Stromes vom Elemente aus ermittelt, welche Wippenlage die aufsteigende, und welche die absteigende Richtung im Nerven giebt, und das Resultat (*auf*, *ab*) zu beiden Seiten der Wippe auf den Tisch geschrieben.

Von den schwächsten, wirkungslosen Intensitäten ab wird der Strom allmählich durch Stöpselung verstärkt, und für jede Intensität die 4 Versuchsfälle ausgeführt: Schliessung und Oeffnung des absteigenden, Schliessung und Oeffnung des aufsteigenden Stromes. Die Resultate werden in einer Tabelle mit 4 Rubriken *(↓ S, O, ↑ S, O)* als Zuckung *(Z)* oder Ruhe *(R)* protokollirt. Das Protokoll wird aber nur dann weiter fortgesetzt, wenn die erfolgte Verstärkung des Stromes irgend etwas an den Resultaten geändert hat.[1]) Gewöhnlich wird zuerst einer der 4 Fälle Zuckung geben, dann ein zweiter u. s. w. hinzukommen, bis alle 4 Zuckungen erschienen sind. Dies letztere Verhalten bleibt in einem sehr grossen Bereich der Stromstärken bestehen. Um ein neues Stadium zu sehen, muss man den Strom beträchtlich verstärken, vor Allem durch Beseitigung des Rheostatwiderstandes im Hauptkreise; meist wird aber Vermehrung der Zahl der Elemente nöthig, und es erscheinen dann nur noch 2 Zuckungen (bei Schliessung des absteigenden und bei Oeffnung des aufsteigenden Stromes).

6.

Das Zuckungsgesetz in vervollkommneter Versuchsweise.

Unregelmässigkeiten in den Ergebnissen der in 5 dargestellten Versuche werden zuweilen durch die Polarisirbarkeit der Electroden (Einmischung der Polarisationsreste in die Reizströme) herbeigeführt. Man vermeidet dieselben durch unpolarisirbare Electroden (vgl. **3 b**), am practischsten in Gestalt amalgamirter Zinkdrähte (in demselben Stativ wie

[1]) Es ist lehrreich, wenn die Practicanten die Stromstärke im Nerven bei irgend einem gegebenen Haupt- und Nebenschlusswiderstand berechnen. Der Widerstand der Nervenstrecke kann direct gemessen (**52 d**), oder, wenn es sich nur um ungefähre Werthe handelt, zu etwa 5000 Ohm pr. mm veranschlagt werden. Man lernt so am besten den Einfluss der beiden Rheostatwiderstände bemessen.

bisher), auf welche man kleine Thonlager aus Zinksulphatthon bringt.[1]) Da das Zinksalz die Nerven angreift, so ist noch ein kleines Lager von Kochsalzthon aufzubringen, auf welches der Nerv zu liegen kommt. Man kann natürlich als Electroden auch die gewöhnlichen Röhrenelectroden benutzen. Der Nerv wird an den Anliegestellen mittels des erwähnten Häkelhakens gut mit 0,6-proc. Kochsalzlösung befeuchtet.

Eine genauere Beobachtung der Zuckungsgrössen wird ferner ermöglicht durch Anwendung eines einzigen Muskels, des Gastrocnemius, und der Fahnen- oder der graphischen Methode.

Präparat. Nach Enthäutung der Hinterbeine und Bloslegung des Nerven über dem Knie (vgl. **5 b**) werden die Oberschenkelmuskeln mit Schonung des Nerven und des Femur vom Knie abgetrennt, und das Femur etwa an der Grenze des oberen und mittleren Drittels durchschnitten. Hierauf wird der Nerv wie früher präparirt. Endlich wird die Plantaraponeurose unter dem Fussgelenk durchschnitten, die Achillessehne mit beiden Scheerenblättern etwas vom Gelenk abgedrängt, und durch Schnitt von ihm getrennt, der Gastrocnemius bis zum Knie vom Unterschenkel durch blossen Zug abgelöst und der Unterschenkel unter dem Knie abgeschnitten. Das Präparat besteht also aus Gastrocnemius, Ischiadicus und Femurstumpf. Die Achillessehne wird auf eine Korkplatte gelegt, und mit einem senkrecht aufgesetzten spitzen Skalpell über dem Sesamknorpel gespalten, behufs Einführung des Zughakens.

Fahnenmethode. Der Femurstumpf wird in die horizontale Knochenklemme des sog. Zuckungstelegraphen horizontal eingezwängt, und der an die Fahnenrolle angreifende Faden durch Einsenken seines Hakens in den Spalt der Achillessehne und Zurückziehen des Fahnenträgers gespannt.

---

[1]) Das Electrodenstativ ist abgebildet in meinem Handb. d. Physiologie Bd. 1. Abth. 1. S. 187. Fig. 36.

Graphische Methode. Hierzu dient das Pflüger'sche Myographion, oder auch das du Bois-Reymond'sche Federmyographion, dessen Schussdraht zweckmässig mit einer Millimetertheilung versehen wird. Der Muskel wird an der Stange in der feuchten Kammer durch Einklemmen des Femurstumpfes befestigt, und der Schreibhebel an der Achillessehne mittels eines in deren Schlitz eingeführten Hakens aufgehängt. Die Zuckungshöhen werden auf der schwach berussten Glasplatte (oder, falls das Pflüger'sche Myographion die dazu nöthige Vorrichtung besitzt[1]), auf einem berussten Glanzpapierstreifen) verzeichnet, und zwischen je zwei Reizungen die Platte um ein immer gleiches Stück weiter geschoben. (Das Pflüger'sche Myographion hat meist hierzu eine Theilung am Triebknopf; am Federmyographion dient dazu die oben erwähnte Drahttheilung.)

Die Wirkung des Stromes auf den Nerven, und überhaupt jede Wirkung auf den durchströmten Leiter selbst (z. B. thermische, electrolytische) hängt nicht von der Intensität, sondern von der Dichte des Stromes ab, d. h. von dem Verhältniss der Intensität zum Querschnitt des Leiters. Da jedoch bei den Reizversuchen der Querschnitt unverändert bleibt, so ist das Wirksame die Intensität und deren Schwankungen. Immerhin ist es wichtig, sich mit dem Begriff der Stromdichte vertraut zu machen.

Bei Leitern von so grossem Widerstande, dass die übrigen des Kreises dagegen verschwinden, hängt die Dichte nur von der Länge und nicht vom Querschnitt des Leiters ab. Es ist nämlich in diesem Falle, wenn D die Dichte, I die Intensität und W den Widerstand, ferner φ den specifischen Widerstand, l die Länge und q den Querschnitt des Leiters bezeichnet, bei der Kraft E:

$$D = \frac{I}{q} = \frac{E}{qW}.$$

---

[1]) Vgl. Arch. f. d. ges. Physiol., Bd. 5. S. 279. Handb. d. Physiologie. Bd. 1. Abth. 1. S. 29. Fig. 9.

Da aber

$$W = \frac{\varphi l}{q}$$

so ist

$$D = \frac{E}{\varphi l}.$$

Als Einheit der Stromdichte habe ich in verschiedenen Arbeiten 1 Ampère auf 1 □mm Querschnitt angenommen und diese Grösse mit Δ bezeichnet. Bei Versuchen an Nerven ist diese Einheit zu gross; ich bezeichne daher den millionten Theil dieser Dichte mit δ. Es ist zweckmässig, gelegentlich die Dichte in einem Nervenversuch annähernd zu berechnen. Sie beträgt in der Regel nur einen kleinen Bruchtheil von δ.

7.

Schliessungstetanus (Pflüger'scher Tetanus), Oeffnungs-Tetanus (Ritter'scher Tetanus) und Volta'sche Abwechselungen.

Bei den Versuchen über das Zuckungsgesetz zeigt sich zuweilen bei gewissen Stromstärken ein während der ganzen Schliessungsdauer anhaltender unregelmässiger Tetanus, oder auch nur vereinzelte schwache Zuckungen. Die wahrscheinliche Ursache ist ein latenter Reizzustand des Nerven, meist durch beginnende Vertrocknung, welcher durch die erhöhte Erregbarkeit in der Cathodenstrecke (**10**) zu wirklichen Erregungen führt.

Lässt man einen schwachen Strom lange Zeit (15 Minuten und mehr) geschlossen, so bricht bei seiner Oeffnung meist ein Tetanus aus, welcher bei Wiederschliessung aufhört, bei Schliessung in entgegengesetzter Richtung aber verstärkt wird. Auch hier sind latente Erregungszustände die wahrscheinliche Ursache, welche nach der Oeffnung in der Anodenstrecke, deren Erregbarkeit unmittelbar nach der Oeffnung erhöht ist, zur Erregung führen; letztere wird bei der Stromumkehrung verstärkt, weil in der gereizten Strecke eine

weitere Erhöhung der Erregbarkeit durch Catelectrotonus eintritt. Dass die Anodenstrecke Sitz der tetanisirenden Erregung ist, lässt sich bei absteigenden Strömen dadurch zeigen, dass Durchschneidung des Nerven zwischen den Electroden (im Indifferenzpunct) den Oeffnungstetanus sofort beseitigt.

B. Versuche mit Inductionsströmen.

8.

Physikalisches über Inductionsströme.

a. Die von einem Inductionsapparat abgenommene secundäre Spirale wird am einen Ende eines langen Tisches aufgestellt, und mit einem am anderen Ende (besser auf einem Consol) aufgestellten Multiplicator durch zwei Drähte verbunden. Plötzliches Hineinstecken eines Magnetstabes in die Rolle bewirkt eine starke Ablenkung, welche verschwindet, wenn der Magnet in der Spirale liegen bleibt. Plötzliches Herausziehen bewirkt eine entgegengesetzte Ablenkung. Beide Ablenkungen sind von entgegengesetztem Sinne, wenn der Magnet mit seinem anderen Pole voran eingeschoben wird etc. Die Ablenkungen sind nicht durch directe Fernwirkung des Magneten auf das Galvanometer hervorgebracht; denn sie bleiben aus, wenn der Kreis offen ist, oder eine gutleitende Nebenschliessung (du Bois'scher Schlüssel) die Spirale vom Multiplicator absperrt.

Die Versuche verdeutlichen das allgemeinste (Lenz'sche) Inductionsgesetz, nach welchem die Bewegung eines Magneten in der Nähe eines Leiters (oder eines Leiters in der Nähe eines Magneten) stets eine electromotorische Kraft in letzterem erzeugt, welche geschlossen einen Strom hervorbringt, der die entgegengesetzte Bewegung des Magneten oder des Leiters bewirken würde. Ist also der Leiter geschlossen, so findet die Bewegung in Folge

der Induction einen Widerstand; hierauf beruhen die unter **91** angeführten Erscheinungen.

Wirksam sind jedoch nur solche relative Bewegungen zwischen Magnet und Leiter, bei welchen das Potential des Magneten in Bezug auf den Leiter sich ändert, oder, in anderer Ausdrucksweise, die Zahl der magnetischen Kraftlinien, welche durch das Feld des Leiters hindurchgehen, sich vergrössert oder verkleinert. Z. B. würde eine streng axiale Verschiebung eines zwischen den Polen eines Ruhmkorff'schen Electromagneten senkrecht zur Axe angebrachten Drahtringes nicht inducirend wirken.

Die electromotorische Kraft ist der Geschwindigkeit proportional, mit welcher das Potential sich ändert (siehe **g**).

b. Statt des Magneten wird ein Electromagnet zu denselben Versuchen verwendet, nämlich die primäre Spirale des Inductionsapparates, welche den Strom eines Elementes schliesst. Die secundäre Spirale wird plötzlich aufgeschoben und abgezogen. (Hierzu wird dieselbe, um rasche Bewegung zu ermöglichen, nicht mit ihrem Grundbrett in das Geleise eingeschoben, sondern mit nach oben oder seitlich stehendem Grundbrett aufgelegt.)

c. Statt des Electromagneten wird ein blosses Solenoid zu denselben Versuchen verwendet, d. h. der Kern aus der primären Spirale vorher entfernt. Die Ablenkungen sind von gleichem Sinne wie bei **a** und **b**, aber viel schwächer.

d. Statt der Bewegung eines Magneten oder durchströmten Solenoids wird die Herstellung und Beseitigung des Magnetismus durch Schliessen und Oeffnen des Stromes zu denselben Versuchen und mit gleichem Erfolge verwendet. Die Schliessung wirkt wie plötzliche Annäherung des Magneten aus unendlicher Entfernung, die Oeffnung wie plötzliche Entrückung in unendliche Ferne.

e. In demselben Sinne wie Herstellung und Beseitigung des Magnetismus wirkt Verstärkung und Schwächung desselben durch plötzliches Einstecken und Herausziehen des Eisenkernes bei geschlossenem magnetisirendem Strome.

f. Das Gesetz der Richtungen des Schliessungs- und Oeffnungsinductionsstromes ersehen zu lassen, sind die gewöhnlichen Inductorien wenig geeignet, weil sie die Beziehung der Endklemmen zur der Wicklungsrichtung der Spiralen nicht erkennen lassen; nur dass beide Ströme einander entgegengesetzt gerichtet sind, ist schon gezeigt. Allein folgende einfache Betrachtung genügt. Da die Schliessung, d. h. die plötzliche Annäherung des Magneten einen Strom inducirt, welcher diesen Magneten entfernen würde, so bewirkt sie einen Strom, welcher entgegengesetzt wie sie selbst magnetisiren würde, d. h. einen dem inducirenden Strom entgegengesetzt gerichteten, die Oeffnung also einen gleich gerichteten.

g. Die in einen einzelnen ringförmig geschlossenen Leiter inducirte electromotorische Kraft ist nur abhängig von der Geschwindigkeit der inducirenden magnetischen Veränderung, dagegen unabhängig von Gestalt, Weite und Material des Ringes. Die Kraft der Induction wächst also im Allgemeinen mit der Anzahl der Windungen des inducirten Leiters (der „secundären Spirale"). Da aber mit dieser Anzahl auch der Widerstand zunimmt, so sind für die Beurtheilung der zweckmässigen Windungszahl ähnliche Erwägungen massgebend, wie für die Gliederzahl einer Kette (4), d. h. nur wenn die inducirten Ströme grosse Widerstände finden, sind sehr zahlreiche Windungen zweckmässig, welche dann auch aus sehr dünnem Drahte sein dürfen; dies ist aber stets der Fall, wenn der Apparat zur Durchschlagung von Gasräumen (Funkenstrecken, Geissler'sche und Crookes'sche Röhren) oder zur Wirkung auf thierische Theile dienen soll. — Die „primäre Spirale" ist dagegen ein Electromagnet, und hat daher nur wenige Windungen dicken Drahtes.

Die inducirende Wirkung der primären auf die secundäre Spirale setzt sich zusammen aus der Summe aller Einzelinductionen der magnetischen Elemente der ersteren auf alle Elemente der zweiten, und ist daher eine complicirte Function des Baues, der Entfernung und

Stellung beider Spiralen, welche sich zwar leicht empirisch feststellen, aber kaum berechnen lässt. Man bezeichnet sie als das Potential der einen Spirale auf die andere. Bei Verschiebung der Spiralen gegeneinander ändert sich das Potential, aber nicht linear. Die am Schlitten angebrachte Millimetertheilung kann also nur dienen, numerische Werthe für die Entfernung (welche für vergleichende Versuche oft genügen) zu gewinnen. Will man die zu den Theilstrichen gehörigen Potentialwerthe in eine Tabelle aufnehmen, so lassen sich dieselben aus den Ablenkungen entnehmen, welche stets derselbe inducirende Vorgang bei den einzelnen Stellungen der secundären Spirale an einem mit derselben verbundenen Galvanometer hervorbringt („empirische Graduirung eines Schlitteninductoriums").

Die Induction erfolgt entweder bei constanter Durchströmung der primären Spirale durch Bewegung der Spiralen gegeneinander, und ihre Kraft ist dann, wenn i die Intensität des primären Stromes und P das variable Potential der Spiralen bezeichnet, proportional $i. dP/dt$; oder sie erfolgt bei fester Lage, also constantem Potential P, durch Veränderung der Intensität i; die Kraft ist dann proportional $P. di/dt$.

h. Demonstration einer magneto-electrischen (Saxton'schen) Rotationsmaschine. Die Induction erfolgt hier durch Rotation einer oder mehrerer mit Eisenkern versehenen Spiralen vor den Polen eines Stahlmagneten, also durch periodische Potentialänderungen, die inducirten Ströme wechseln also nach Art einer Sinuscurve ihr Vorzeichen, können aber mit Hilfe eines Commutators zwischen Spiralen und ableitendem Bogen in diesem stets gleiche Stromrichtung hervorbringen. Der erzeugte Strom wird, je nach Commutatorstellung, als Gleichstrom zur Wasserzersetzung, oder als Wechselstrom mittels befeuchteter Handhaben zur Erregung des menschlichen Körpers verwendet.

Die technischen Wechselstrom-Maschinen sind nach gleichem Princip gebaut, haben aber meist, um grössere Wechselzahl zu erreichen, einen Kranz von Electromagneten (deren Strom von einer Gleichstrom-Dynamomaschine geliefert wird) und eine entsprechende Zahl von bewickelten Ankern. Der erhaltene Wechsel-

strom kann durch Transformatoren, welche nach dem Princip der gewöhnlichen Inductorien gebaut sind, aber mit ringförmig geschlossenen Spulen, auf hohe Spannung und geringe Intensität umgewandelt, und durch umgekehrt wirkende Transformatoren wieder zurückverwandelt werden.[1]) Die Zwischenform ist zur Fortleitung über grosse Strecken geeigneter, weil sie nur dünne Drähte erfordert.

i. Demonstration der Dynamomaschine und des Electromotors. Diese wohl jetzt meist in den physiologischen Instituten vorhandenen wichtigen Apparate werden in Thätigkeit gesetzt. Sind nur Electromotoren vorhanden (z. B. bei Anschluss an eine Centrale), so kann einer derselben mittels einer Schwungvorrichtung, Drehbank oder eines zweiten Electromotors in Umdrehung versetzt, und der entstehende Strom durch irgendwelche Mittel, z. B. Betrieb eines Wagner'schen Hammers, nachgewiesen werden.

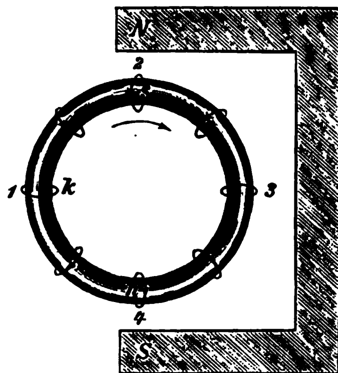


Fig. 12.

Sind *N* und *S* Fig. 12 die Pole eines Magneten, *E* ein eiserner Ring, und *k* ein Drahtring, welcher in der Richtung des

[1]) Das gewöhnliche Inductorium, sowie der Funkeninductor werden daher neuerdings häufig als Transformatoren bezeichnet; bei gewöhnlicher Anordnung transformiren sie niedrig gespannte starke in hoch gespannte schwache Ströme. Das Umgekehrte würde der Fall sein, wenn man die secundäre Spirale zur primären machte.

Pfeiles auf dem Eisenringe gleitet, so wird in *k*, so lange er von der Stellung *1* in die Stellung *2* sich fortbewegt, ein Strom von der an *k* bezeichneten Richtung inducirt, da er sich dem Südpol *s* des Eisenringes nähert (nach dem Lenz'schen Gesetz hat der inducirte Strom diejenige Richtung, welche von *2* aus gesehen einen Nordpol erzeugen würde; vgl. **a**). Weiter zur Stellung *3* übergehend, erfährt der Ring *k* eine Induction von derselben absoluten Richtung (vom Südpol sich entfernend erhält er einen Strom, welcher von *2* aus gesehen einen Südpol erzeugen würde). Von *3* zu *4* gehend, d. h. dem Nordpol *n* sich nähernd, empfängt er eine entgegengesetzte Induction, deren absolute Richtung wieder auf dem Wege zu *1* die gleiche bleibt.

Wird nun der Eisenring ganz mit einem in sich geschlossenen Drahte bewickelt (Fig. 13), so würde, wenn die Bewicklung auf

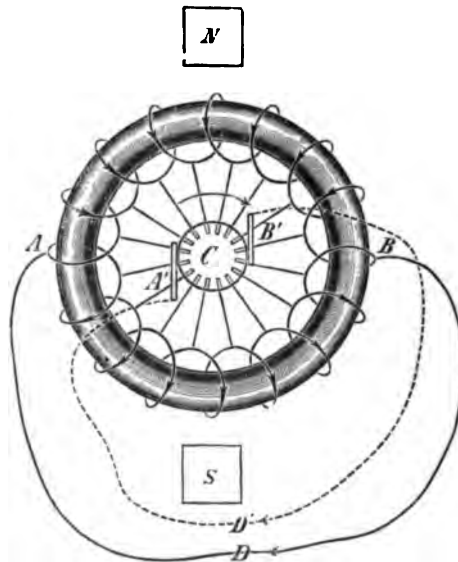


Fig. 13.

dem Ringe in der Richtung des Pfeiles gleitet, der ganze obere Theil derselben entgegengesetzten Strom haben wie der untere (s. d. kleinen Pfeile), und die Wirkungen heben sich für den

ganzen Draht auf. Auf einen an die neutralen Puncte *A* und *B* angelegten leitenden Bogen wirkt aber die Induction der oberen und unteren Hälfte in gleichem Sinne, nämlich in dem des Pfeiles bei *D*, im Bogen *ADB* entsteht also ein constanter Strom, der um so kräftiger ist, je schneller das Gleiten; natürlich müssen die Berührungen bei *A* und *B* schleifende sein. An Stelle des practisch unausführbaren Gleitens der Bewicklung auf dem Eisenringe lässt man nun den Eisenring selbst sammt seiner Bewicklung rotiren; denn der rotirende Ring von weichem Eisen hat seine Pole stets gegenüber denjenigen des festen Magneten, verhält sich also, als ob er still stände. Die Schleifcontacte *A* und *B* lässt man gewöhnlich nicht auf der Bewicklung selbst, sondern auf einem besonderen „Collector" *C* schleifen, welcher von einander isolirte Metalleinlagen besitzt, die mit den einzelnen Stellen der Bewicklung verbunden sind (diese Art der Ableitung ist durch die punctirte Anordnung *A'D'B'* dargestellt).

Die Pole *N* und *S* sind diejenigen eines kräftigen Electromagneten, dessen Windungen in die Leitung *ADB* eingeschaltet sind; der inducirte Gleichstrom erzeugt also den Magnetismus. Fängt die Maschine an zu rotiren, so ist stets in dem Eisen des Electromagneten etwas remanenter Magnetismus vorhanden, der durch diesen in *ADB* inducirte Strom verstärkt denselben, und zwar da die Induction stets wächst, immer mehr, bis zu einem Maximum (Dynamoprincip).

Lässt man umgekehrt einen von einer anderen Quelle gelieferten Strom in die Leitung *ADB* eintreten, so macht derselbe einerseits den Electromagneten magnetisch; er erzeuge z. B. bei *N* und *S* Nord- resp. Südpol. Zugleich aber magnetisirt er den Eisenring, und zwar erhält, wenn er die Richtung des Pfeiles bei *D* hat, die obere Hälfte des Ringes, wie man leicht erkennt, bei *A* einen Südpol, bei *B* einen Nordpol; das Gleiche ist in der unteren Hälfte der Fall; da nun der bei *A* entstehende kräftige Südpol stets nach *N*, und der Nordpol bei *B* nach *S* gezogen wird, so muss der Ring in der Richtung des Pfeiles rotiren. Jede Dynamomaschine wird also zum Electromotor, wenn man ihr Strom zuführt, und zwar rotirt sie, wie man leicht erkennt, immer in demselben Sinne, welches auch die Richtung des zugeführten

Stromes sei; denn Umkehrung des Stromes kehrt nicht nur die Pole des Ringes, sondern auch diejenigen des Electromagneten um.

Näheres über die Arten der Schaltung, über den Ersatz des Ringankers durch einen Trommelanker u. s. w. s. in den Lehrbüchern der Physik und der Electrotechnik.

Die Arbeitsleistungen des Stromes, z. B. Erwärmung, Krafterzeugung in Electromotoren, sind dem Producte aus Spannung und Stromstärke proportional, und werden daher nach Volt-Ampère's oder Watt's berechnet. 1 Pferdekraft ist äquivalent 736 Watt. Die Factoren des Productes können durch Transformatoren variirt werden (s. unter **h**).

9.

Physiologische Wirkungen der Inductionsströme.

a. Die Enden der secundären Spirale werden mit dem Nerven eines Unterschenkels (**5 b**) verbunden, und die oberen (directen) Klemmen der primären Spirale mit einem Element und Punctschlüssel. Schliessung und Oeffnung des secundären Kreises bei geschlossenem primärem ist wirkungslos. Dagegen macht Schliessung und Oeffnung des primären Kreises, bei geschlossenem secundärem, Zuckung durch die Schliessungs-, resp. die Oeffnungs-Induction. Es ist falsch, diese Zuckungen als Schliessungs- und Oeffnungszuckung zu bezeichnen.

Man sucht für beide Vorgänge die Rollenabstände auf, bei welchen die ersten (schwächsten) Zuckungen auftreten. Die Oeffnungsinductionsströme erregen bei viel grösserem Rollenabstand als die Schliessungsinductionsströme. Der Grund liegt darin, dass die letzteren durch die Selbstinduction (Extracurrent) der primären Spirale geschwächt und verzögert werden, die ersteren nicht, weil bei der Oeffnung der Extracurrent nicht zu Stande kommt. Beim Tetanisiren mit minimalen Inductionsströmen erregen daher nur die Oeffnungsströme.

b. Die primäre Spirale wird mit einem Punctschlüssel (**5a**) als Nebenschliessung zum Element versehen, so dass Oeffnung des Schlüssels eine Schliessungsinduction (richtiger Verstärkungsinduction) und Schliessung eine Oeffnungs- (Schwächungsinduction) hervorbringt. Erstere ist jetzt, wie die Aufsuchung der Rollenabstände für die Minimalzuckung ergiebt, die wirksamere, weil jetzt der die secundäre Induction verzögernde Extrastrom bei beiden Vorgängen zu Stande kommt, beim ersteren aber grösseren Widerstand findet; die Unterschiede beider Wirkungen sind aber überhaupt gering.

Hieran schliesst sich die Erläuterung der Helmholtz-schen Einrichtung des Wagner'schen Hammers, bei welcher die Stromesschwankungen durch Herstellung und Oeffnung eines Kurzschlusses des Elementes hervorgebracht werden.

c. Vergleichung der Rollenabstände mit und ohne Eisenkern in der Spirale. Im letzeren Falle muss die secundäre Spirale viel näher stehen.

d. Der aus einem Bündel von Eisendrähten bestehende Kern der primären Spirale wird mit einem massiven Eisenkern von gleichem oder auch etwas grösserem Gewicht vertauscht, und wiederum der Rollenabstand aufgesucht, bei welchem die Minimalzuckung auftritt; dieselbe ist jetzt beträchtlich kleiner als vorher, der massive Kern macht also schwächere Induction als der aus Drähten bestehende. Der Grund liegt darin, dass der massive Kern selber eine Induction erfährt, welche derjenigen in der secundären Spirale gleichsinnig ist, und diese schwächt und verzögert. Der Oxydüberzug, resp. die Lackirung der Drähte verhindert diese Induction insofern, als sie keine Kreisströme wie in einer continuirlichen Metallmasse hervorbringen kann.

e. Nachweis des Extrastromes bei der Oeffnung des primären Kreises. Die secundäre Spirale wird vom Apparat abgenommen. An die Enden der primären Spirale werden

zwei cylindrische Handhaben von Messingblech angeschlossen, welche eine Person mit beiden Händen erfasst, nachdem die inneren Handflächen mit gesättigter Kochsalzlösung befeuchtet sind. Ausserdem werden die Enden der Spirale mit einem Element verbunden, in dessen Kreis ein Schlüssel (Punct- oder Quecksilberschlüssel, s. **5a**) eingeschaltet ist. Beim Schliessen wird Nichts empfunden, weil für den Kettenstrom die Spirale und für den Schliessungs-Extrastrom der Spirale die Kette eine gut leitende Nebenschliessung zum Körper bildet; der Schluss des Kettenkreises würde übrigens den Körper nicht erregen. Beim Oeffnen des Kettenkreises fühlt dagegen die Versuchsperson einen Schlag, welcher von der Selbstinduction der Spirale bei der Oeffnung herrührt.

Die inducirende Wirkung einer Spirale auf sich selbst ist von einer ähnlichen geometrischen Function abhängig, wie diejenige zweier Spiralen auf einander (vgl. **8 g**); dieselbe wird als das Potential der Spirale in Bezug auf sich selbst, oder als ihr Eigenpotential bezeichnet; ist dies Potential Q, so ist die von der Aenderung der Intensität i inducirte electromotorische Kraft proportional $Q. di/dt$.

Wird statt einfacher Schliessungen und Oeffnungen frequente Unterbrechung angewandt, mittels eines Unterbrechungsrades oder des Wagner'schen Hammers, so entsteht eine heftige, kaum erträgliche Reizung, weit heftiger, als durch die secundären Ströme, selbst wenn die Spirale ganz aufgeschoben ist.

f. Nachweis des Schliessungs-Extrastroms. Die Enden einer einfachen (primären) Spirale werden einerseits mit einem Element, andererseits mit den Electroden eines Frosch-Ischiadicus verbunden, so dass die Spirale für den Strom eine Nebenschliessung zum Nerven bildet. In jede der beiden Leitungen ist ein Schlüssel, in die Kettenleitung ausserdem ein Stöpsel-Rheostat eingeschaltet. Man schliesst den Kettenschlüssel; dann macht Schliessung und Oeffnung des Nerven-

schlüssels Zuckung. Mit dem Rheostaten führt man jetzt soviel Widerstand ein, bis die Zuckungen verschwinden. Schliesst man jetzt den Nervenschlüssel, so macht Schliessung und Oeffnung des Kettenschlüssels noch Zuckungen. Der Versuch zeigt, dass die Spirale in dem Versuche nicht als einfache Nebenschliessung wirkt; denn dann müsste es gleichgültig sein, ob die Schliessung und Oeffnung im Ketten- oder Nervenkreise erfolgt; vielmehr führt Beginn und Ende der Durchströmung der Spirale eine besondere electromotorische Kraft ein.

g. Wickelungsweise der Rheostatwiderstände. Statt der Inductionsrolle verwende man zum vorigen Versuch als Nebenschliessung einen genau gleich grossen Rheostatwiderstand[1]), also einen oder mehrere Drahtrollen des Rheostaten. Dann hat es keinen Einfluss mehr auf die Nervenreizung, ob man den Strom in der Ketten- oder Nervenleitung schliesst und öffnet. Jede Widerstandsrolle ist nämlich so eingerichtet, dass ihre Selbstinductionen sich gegenseitig neutralisiren, indem die eine Drahthälfte rechtsherum, die andere linksherum gewickelt ist. (Zu veranschaulichen, indem man einen langen Draht in der Mitte knickt, beide Hälften aneinanderlegt, und den Doppeldraht nun um einen Bleistift oder eine Spule herumwickelt; beide freien Enden sind an die beiden Klötze des Rheostaten gelöthet zu denken, zwischen welchen die Rolle angebracht ist.)

h. Erregung durch Bewegung von Eisen im magnetischen Felde (auch an **i** anzuschliessen). Eine grössere Stimmgabel (z. B. c_1) ohne Resonanzkasten wird durch Streichen mit einem Stahlmagnet magnetisirt und in einem starken Stative mittels ihres Stieles eingeklemmt. In der Nähe eines Zinkenendes wird eine Drahtrolle (die Hydrorolle einer Spiegel-

---

[1]) Hierzu muss der Widerstand der Spirale bekannt sein; über die Messung s. **52 c.**

boussole) befestigt und mit dem Nerven eines Schenkelpräparates verbunden. Beim Streichen der Stimmgabel mit dem Fiedelbogen geräth das Präparat in Tetanus.

Uebergang zum Telephon-Princip. Derselbe Versuch wird mit einer nicht-magnetischen Stimmgabel angestellt. Der Tetanus bleibt aus. Wird aber einer Zinke der Gabel ein Pol eines kräftigen Stahlmagneten gegenübergestellt, so macht das Streichen mit dem Fiedelbogen Tetanus.

Ebenso macht Hineinrufen in ein Telephon, oder irgendwelche Erschütterung desselben Tetanus in einem mit den Enden der Spule verbundenen Präparat. Von den Vocalen wirken *E* und *I* am wenigsten.

i. Erregung durch Inductionsströme höherer Ordnung. Die secundäre Spirale eines Inductionsapparats wird mit der primären eines zweiten verbunden, und die secundäre des zweiten mit dem Nerven. Schliessung und Oeffnung des primären Stromes des ersten Apparates macht Zuckung, resp. Tetanus. Nach demselben Princip können noch weitere Inductionen eingeschaltet werden. — Statt des ersten Inductionsapparates kann auch ein Telephon verwendet werden, welches erschüttert oder angerufen wird.

k. Microphonprincip. Von einer gewöhnlichen sog. Microphonstation, wie sie in den meisten Instituten zum Sprechen nach entfernten Zimmern vorhanden ist, werden die beiden Fernleitungsdrähte abgenommen, und statt derselben zwei Drähte angeschaltet, welche zu Electroden und dem Nerven eines Froschschenkels führen. Der Schenkel zuckt bei jedem Anrufen des Microphons; dasselbe ist unwirksam, wenn einer der beiden zum Elemente führenden Drähte von der Station abgenommen wird. Die Erregung erfolgt in diesem Versuche nicht durch den directen vom Microphon in ihrem Widerstande beeinflussten Strom, sondern durch die von demselben in dem kleinen Inductorium der Station inducirten Ströme.

l. Bewegungswiderstände durch Inductionswirkung. Ist ein starker Electromagnet von der Ruhmkorff'schen oder

einer ähnlichen Form vorhanden, d. h. mit Polschuhen, welche einander sehr genähert werden können, so kann man zeigen, dass eine Kupferscheibe bei offenem Kettenkreise ohne Widerstand schnell zwischen den Polen durchgeschoben werden kann, dagegen fühlt man einen grossen Widerstand, sobald der magnetisirende Strom geschlossen ist. Man fühlt, dass der Widerstand mit der Geschwindigkeit wächst. (Die Erklärung wird unmittelbar durch das Lenz'sche Gesetz geliefert; siehe **8a**. Mit einer Vorrichtung zur Rotation einer Kupferscheibe oder eines Kupfercylinders zwischen den Polen lässt sich Erhitzung durch die inducirten Ströme nachweisen. Metalle von geringerem Leitungsvermögen zeigen die Erscheinung viel schwächer.)

Wie das Kupfer in der Nähe eines Magneten, so findet auch ein Magnet in der Nähe einer Kupfermasse einen reibungsartig wirkenden Bewegungswiderstand, worauf die Kupferdämpfung des Galvanometers beruht.

m. Unipolare Inductionswirkungen. Nur ein Ende der secundären Spirale, welche ganz aufgeschoben ist, wird mit dem Nerven verbunden, das Präparat ist durch eine Glasplatte isolirt. Beim Schliessen und Oeffnen des primären Kreises, sowie beim Spielen des Wagner'schen Hammers können Zuckungen, resp. Tetanus entstehen. Dies geschieht jedoch sicherer, wenn man entweder das Präparat oder das freie Ende der secundären Spirale mit dem befeuchteten Finger berührt, d. h. mit der Erde als Conductor von sehr grosser Oberfläche leitend verbindet.

Daher darf der secundäre Kreis niemals offen sein, wenn der Wagner'sche Hammer im primären Kreise spielt (das Offensein ist auch für die Isolation der Windungen von einander gefahrbringend). Die Ruhe und Erregung des Nerven bei spielendem Hammer darf daher nicht durch einen einfachen Schlüssel im secundären Kreise, sondern nur durch Schluss und Oeffnung einer gut leitenden Nebenschliessung (du Bois'scher Schlüssel) herbeigeführt werden.

Auch die Schliessung des secundären Kreises durch den Nerven ist wegen des grossen Widerstandes des letzteren eine unvollkommene, so dass unipolare Wirkungen, d. h. Reizungen ausserhalb des eigentlichen Stromkreises nicht ausgeschlossen sind, namentlich bei ganz aufgeschobener Spirale, und wenn ein grosser Conductor, z. B. ein ganzes Thier, mit dem Nerven verbunden ist. Die Gefahr wird durch Verbindung der dem Conductor näheren Nervenelectrode mit der Erde (durch Wasser- oder Gasleitung) vermindert.

n. Fernwirkungen durch Induction. Eine Holtz'sche oder selbsterregende Influenzmaschine mit Leydener Flaschen wird in Bewegung gesetzt, und eine grössere Funkenstrecke gegeben, so dass starke Funken in regelmässigen Intervallen überspringen. Den horizontalen Funkendrähten parallel wird ein Drahtbügel in einiger Entfernung aufgestellt, der irgendwie unter Einschaltung des Nerven eines Präparates zum Kreise geschlossen ist. Gleichzeitig mit jedem Funken entsteht eine Zuckung. Dasselbe geschieht, wenn nur ein einfacher Paralleldraht vorhanden ist, der in der Mitte unterbrochen und hier durch den Nerven geschlossen ist, endlich auch häufig, wenn nur das Präparat auf ein Tischchen, durch eine Glasplatte isolirt, so gelegt wird, dass der Nerv der Funkenstrecke parallel liegt. Die Zuckungen bleiben in allen diesen Fällen aus, wenn eine Blechplatte oder auch nur ein Stück Drahtgaze (Fenstervorsetzer) zwischen Funkenstrecke und Draht resp. Nerv vertical eingeschoben ist. Einschiebung eines mit parallelen Metalldrähten bespannten Holzrahmens unterdrückt die Zuckung, wenn er so eingeschoben wird, dass die Drähte horizontal stehen, dagegen nicht, wenn sie vertical stehen.

Dieselben Versuche können auch, statt mit der Influenzmaschine, mit einem Ruhmkorff'schen Funkeninductor angestellt werden.

o. Ist ein Tesla-Apparat vorhanden, so kann die Wirkungslosigkeit seiner ungemein hochgespannten und ungemein

frequent oscillirenden Ströme, welche lebhafte Lichtwirkungen entfalten und Glühlampen unipolar zum Leuchten bringen, am menschlichen Körper und am Froschpräparat demonstrirt werden.

C. Der Electrotonus.

10.

Der infrapolare Electrotonus.

Dem Nerven eines Präparates wie in **5b** werden 4 Electroden der in **6** angegebenen Art angelegt, die 3 dem Muskel näheren etwa mit 5 mm gegenseitigem Abstand, während die oberste etwa 10—12 mm von der nächsten entfernt ist. Die beiden untersten Electroden, welche zum Reizen dienen, dürfen nackte Zinkdrähte sein, die beiden oberen müssen unpolarisirbar sein (passender ist es alle 4 unpolarisirbar zu machen). Die beiden unteren Electroden werden, unter Aufnahme eines Schlüssels als Nebenschliessung, mit der secundären Spirale eines Inductionsapparates verbunden, dessen primärer Kreis ein constantes Element (nicht Tauchelement) und einen Punctschlüssel enthält. Die beiden oberen Electroden werden ganz wie für das Zuckungsgesetz mit dem Zweigstrom eines constanten Elementes, mit Commutator und Schlüssel verbunden; dieser Schlüssel darf ein gewöhnlicher Vorreibeschlüssel sein. Die Zuckungen des Unterschenkels werden wie in **5c** direct unter der feuchten Kammer beobachtet, oder es wird der Gastrocnemius präparirt (s. **6**), und die Zuckungen an der Fahne beobachtet oder graphisch verzeichnet (s. ebendaselbst). In letzterem Falle wird alternirend eine Zuckung bei offenem, und eine bei geschlossenem polarisirenden Strome verzeichnet, und ein Protokoll über die Reihefolge der Versuche geführt.

Zuerst wird derjenige Rollenabstand aufgesucht, bei welchem die ersten Zuckungen durch den Oeffnungsinduc-

tionsstrom erscheinen (**9a**). Die Schliessungsinductionsströme werden mittels des Nebenschlüssels vom Nerven abgesperrt. (Neben- und Punctschlüssel müssen dicht bei einander sein, ersterer wird mit der linken, letzterer mit der rechten Hand gehandhabt.) Die einfache submaximale Reizung wird unter Corrigirung des Rollenabstandes öfters wiederholt, weil anfangs eine Zunahme der Wirkungen durch sog. „positive Modification“ aufzutreten pflegt. Ist ein sicherer submaximaler Erfolg vorhanden, so wird ein mässig starker polarisirender Strom in absteigender Richtung geschlossen (die hierbei entstehende Schliessungszuckung wird bei graphischem Verfahren nicht mit aufgeschrieben, sondern die Schreibnadel vorher von der Platte zurückgezogen); bei abermaliger Reizung mit dem gleichen Rollenabstande erscheint eine maximale Zuckung. Reizung nach Oeffnung des polarisirenden Stromes (Oeffnungszuckung wie oben nicht mit aufschreiben!) zeigt wieder den vorherigen oder verminderten Erfolg. Nach einigem Warten (und event. Verschiebung der secundären Spirale, bis wieder sicher submaximale Zuckung eintritt, schliesst man den polarisirenden Strom in aufsteigender Richtung; die Reizung hat jetzt verminderten oder keinen Erfolg. Nach Oeffnung des aufsteigenden Stromes ist die Wirkung des Reizes meist stärker als vorher.

Bequemer ist es diese Grundversuche mit Tetanus anzustellen, was aber zweckmässig erst nach Abschluss der vorstehenden Versuche geschieht. Der Wagner'sche Hammer wird in Gang versetzt, und derjenige Rollenabstand aufgesucht, welcher bei Oeffnung des Nebenschlüssels minimalen oder submaximalen Tetanus giebt. Hierzu muss der Schlitten durch Aufklappen seine volle Länge erhalten. (Fehlt eine Vorrichtung zum Aufklappen, so kann die secundäre Spirale auf dem Tisch verschoben, oder auch auf dem Schlitten gegen die axiale Stellung im Winkel gedreht werden, wobei man zugleich sehen kann, dass bei senkrechter Stellung zur Axe die Wirkungen ausbleiben.) Der Tetanus

wird durch absteigende polarisirende Ströme bis zum Maximum verstärkt, durch aufsteigende bis zur Unterdrückung geschwächt. Man kann sowohl die tetanisirende Reizung einmal ohne, einmal mit Polarisation bewerkstelligen (erstes Verfahren), oder während der Tetanus im Gange ist, den polarisirenden Strom schliessen und öffnen (zweites Verfahren).

Versagen dieser Versuche, besonders Herabsetzung statt Erhöhung der Erregbarkeit durch den absteigenden Strom, beruht meist auf Fehlerquellen. Besonders ist in solchen Fällen auf strenge Isolation der Electroden von einander und vom Stativ zu achten.[1])

11.

Der suprapolare Electrotonus.

Der Nerv wird einfach in umgekehrter Anordnung auf die Electroden gelegt, so dass die polarisirte Strecke sich zwischen Reizstrecke und Muskel befindet. Die Bezeichnung der Stromrichtungen am Stromwender ist demgemäss zu ändern. Die Versuche ergeben jetzt, wenn der polarisirende Strom sehr schwach ist, Erhöhung der Wirkung durch aufsteigenden, Herabsetzung durch absteigenden Strom. Bei stärkeren polarisirenden Strömen heben beide Richtungen die Wirkung auf, weil die Anodengegend leitungsunfähig wird.

Hier ist das Gesetz des Electrotonus, das polare Erregungsgesetz und die Ableitung des Zuckungsgesetzes aus dem letzteren zu erörtern.

12.

Electrotonus-Versuche mit chemischer Reizung.

Es werden nur zwei unpolarisirbare Electroden verwendet und mit der Vorrichtung für den polarisirenden Strom verbunden. Zwischen Electroden und Muskel, hart an den

[1]) Besonders isolationsstörend wirken feuchte Beschläge, wie sie bei längerem Aufenthalt in der feuchten Kammer auftreten.

LANE LIBRARY

ersteren, liegt der Nerv auf der Spitze einer dreieckigen Glas- oder Hartgummiplatte, welche an einem Stativ angebracht ist. Ein Tropfen gesättigter Kochsalzlösung wird an der Aufliegestelle auf den Nerven gebracht. Sobald das Präparat anfängt die ersten Zuckungen zu zeigen, wird der Strom absteigend geschlossen, worauf sofort Tetanus ausbricht, welcher beim Oeffnen aufhört. Aufsteigender Strom unterdrückt dagegen den Kochsalztetanus, auch wenn derselbe schon sehr heftig ist. — Bei suprapolarer chemischer Reizung sind die Erscheinungen wie in **11**.

13.

Der intrapolare Electrotonus.

Er wird am besten mit chemischer Reizung untersucht. Bei längerer Strecke für den polarisirenden Strom kann man den Kochsalztropfen in verschiedenen Versuchen an verschiedenen Puncten der Strecke anbringen. Ist er dicht an einer Electrode, so wird der Tetanus verstärkt, wenn dieselbe zur Cathode gemacht wird, unterdrückt, wenn sie Anode ist. An der oberen Electrode zeigt sich dagegen, auch wenn sie Cathode ist, meist Unterdrückung, wenn der Strom nicht äusserst schwach ist. Ist der Tropfen in der Mitte der Strecke angebracht, so machen — unabhängig von der Richtung — die schwächsten Ströme Verstärkung, die stärksten Unterdrückung des Tetanus. Die Erklärung liegt in der Verschiebung des Indifferenzpunctes mit der Stromstärke; derselbe rückt um so näher an die Cathode, je stärker der Strom.

14.

Superposition von Stromesschwankungen auf bestehende Ströme.

a. Superposition von Kettenstrom auf Kettenstrom. Dem Nerven eines Froschunterschenkels werden zwei unpolarisir-

bare Electroden angelegt und diese mit beiden Enden eines 1 m langen Platindrahtes verbunden (sog. „langer Compensator“). Der Draht hat zwei Schieber. Zwischen jedes Ende und den ihm näheren Schieber ist ein constantes Element, ein Stöpsel-Rheostat, ein Schlüssel und ein Stromwender eingeschaltet. Man kann also durch dieselbe Nervenstrecke gleichzeitig zwei Ströme von variirbarer Richtung und Stärke leiten. Der eine dient zum Reizen durch seine Schliessung oder Oeffnung; sein Schlüssel muss daher ein Punctschlüssel sein (**5a**); der andere Strom dient als „Bestandstrom“, auf welchen der Reizstrom zu superponiren ist.

Man sucht zunächst diejenige Stärke des auf- oder absteigenden Reizstroms, welche eine submaximale Schliessungszuckung giebt (wobei das Zuckungsgesetz zu berücksichtigen ist), wiederholt dieselbe mehreremal, und schliesst nun den Bestandstrom in mässiger Stärke und in gleicher Richtung; die Wiederholung der vorigen Reizung giebt jetzt verstärkte Zuckung. Giebt man dagegen dem Bestandstrom entgegengesetzte Richtung, so ist die vom Reizstrom bewirkte Schliessungszuckung geschwächt oder aufgehoben. — Jetzt wiederholt man die gleichen Versuche für Oeffnungszuckungen des Reizstromes. Hier zeigt sich das entgegengesetzte Verhalten; dieselben werden durch gleichsinnige Bestandströme vermindert, durch gegensinnige verstärkt.

Das Verhalten erklärt sich aus dem electrotonischen Grundgesetz. Bei gleichsinnigem Bestandstrom fällt die Cathode des Reizstromes auf die Cathode des Bestandstromes, die Anode auf die Anode, die Schliessungszuckung wird also durch Catelectrotonus der Reizstelle verstärkt, die Oeffnungszuckung durch Anelectrotonus der Reizstelle geschwächt. Bei gegensinnigen Bestandströmen ist Alles umgekehrt.

Plötzliche Verstärkung eines Stromes ist identisch mit Schliessung eines gleichsinnigen oder Oeffnung eines gegensinnigen Stromes, plötzliche Schwächung umgekehrt. Dem entsprechen auch die Wirkungen.

Sehr starke Bestandströme wirken auf submaximale Schliessungs- und Oeffnungsreize stets unterdrückend.

Wie abterminale Bestandströme wirken die Demarcationsströme am Querschnittsende oder sonstigen verletzten Stellen von Nerven und Muskeln, mögen ihre Aussenzweige compensirt sein oder nicht (vom Lehrer zu erläutern).

b. Superposition von Inductionsströmen auf constante Ströme. Die beiden dem Nerven angelegten unpolarisirbaren Electroden werden unter Einschaltung eines Stöpselrheostaten mit der secundären Spirale eines Schlitten-Inductoriums verbunden, letztere mit du Bois'schem Absperrschlüssel versehen. Die beiden Klemmen des Rheostaten sind ausserdem mit einem Daniell'schen Elemente, Schlüssel und Stromwender verbunden, so dass durch den Nerven und die secundäre Spirale ein Zweigstrom des Daniell gesandt werden kann. Die primäre Spirale ist mit einem zweiten Daniell und einem Punctschlüssel verbunden.

Zunächst wird derjenige Rollen-Abstand ermittelt, bei welchem der Schliessungsinductionsstrom regelmässige submaximale Zuckungen giebt; die Oeffnungsinductionszuckungen werden durch den in den eigentlichen Versuchen offenbleibenden du Bois'schen Schlüssel abgeblendet. Schliesst man jetzt den constanten Strom bei einem so geringen Rheostatwiderstand, dass nur ein sehr schwacher oder mittelstarker Stromzweig durch den Nerven geht, so ist die Wirkung des Inductionsstromes verstärkt, wenn der Bestandstrom demselben gleichsinnig ist, geschwächt oder aufgehoben, wenn er gegensinnig ist. Starke Bestandströme heben bei beiden Richtungen die Wirkung auf. — Dieselben Versuche lassen sich auch mit Oeffnungs-Inductionsströmen anstellen; das Ergebniss ist das gleiche, wenn man die nunmehrige Richtung der Inductionsströme berücksichtigt.

Das Resultat erklärt sich daraus, dass schwache Inductionsströme nur an ihrer Cathode erregend wirken.

15.

Das polare Versagen.

Der Versuch wird ganz wie für das Zuckungsgesetz, mit unpolarisirbaren Electroden, eingerichtet (**6**). Der Nerv wird aber mit einem frischen Querschnitt versehen, und die eine Electrode so an denselben angelegt, dass eine reine Querschnittsberührung stattfindet. Die andere Electrode wird etwa 5—10 mm unterhalb des Querschnitts an den Nerven angelegt. Man überzeugt sich, dass absteigende (abterminale) Ströme nur Schliessungszuckung, aufsteigende (atterminale) nur Oeffnungszuckung geben, d. h. es versagt immer die Wirkung der am Querschnitt liegenden Electrode. Die Ursache liegt zum Theil in der Superposition der Reizströme auf den abterminal gerichteten Demarcationsstrom (**14 a**), zum Theil aber darin, dass die am Querschnitt liegende Substanz unerregbar ist (Beweis am partiell wasserstarren Muskel siehe **33**).

Bequemer werden diese Versuche angestellt, indem man beide Electroden an unversehrte Nervenstellen anlegt, dazwischen aber eine Nervenstelle durch Unterbindung oder mit einer geeigneten Zange zerquetscht. Auf den Muskel wirkt dann nur das Nervenstück unterhalb der Durchquetschung, in welches von oben der Strom durch eine wie ein Querschnitt sich verhaltende Stelle eintritt.

16.

Einfluss des Durchströmungswinkels auf die Reizwirkung.

An einem aus zusammengekitteten Glasplatten hergestellten Trögchen von etwa 8 cm Länge und Breite und 2 cm Tiefe werden zwei einander parallele Seitenwände mittels Canadabalsams so mit Stanniol beklebt, dass letzterer die Innenseite und über den oberen Rand gehend auch die Aussenseite bekleidet, und auf diese beiden Seitenwände je

eine sog. Blechklemme aufgesetzt. Der Trog wird etwa 1 cm hoch mit 0,6procentiger Kochsalzlösung gefüllt, und der Nerv eines mit dem Femur in einem Stativchen befestigten Nervmuskelpräparats möglichst gradlinig in die Lösung eingelegt. Man sucht die zur Erregung erforderlichen Rollenabstände einmal bei longitudinaler und einmal bei senkrechter Lage des Nerven zu den Strömungslinien auf. Im ersteren Falle genügen viel schwächere Reize als im letzteren, in welchem es oft gelingt, bei sehr genau senkrechter Lagerung des Nerven auch mit aufgeschobener Spirale den Erfolg ausbleiben zu sehen.

17.

Einfluss der durchströmten Nervenlänge auf die Reizwirkung.

Beide Nerven zweier Nervmuskelpräparate werden auf eine Porzellanplatte so gelegt, dass sie sich etwa an der Stelle, wo die Oberschenkeläste abgingen, kreuzen. Zwei in besonderen Stativchen befestigte Zinkdrähte werden so angelegt, dass der eine dem einen Nerven nahe unterhalb der Kreuzungsstelle, der andere dem andern weit unterhalb derselben anliegt. Beide Electroden werden mit der secundären Spirale verbunden. Man findet, dass beim Aufschieben der Rolle zuerst dasjenige Präparat in Tetanus geräth, dessen Nerv in grösserer Länge durchströmt wird, obwohl Intensität und Dichte in beiden Nerven gleich ist. Um zu zeigen, dass die Ursache nicht in der Richtung der wirksamen Oeffnungsinductionsströme (**9 a**) liegt, welche offenbar in beiden Nerven verschieden ist, kehrt man den primären Strom um; das Resultat bleibt dasselbe.

Andere Versuche zur Nervenphysiologie s. unter **21, 25, 28, 35, 37.**

D. Versuche am Muskel nebst weiteren Nervenversuchen.

18.

Zeitliche Entwicklung der Muskelenergie mit galvanischer Zeitmessung.

Zur schematischen Ausführung des Versuches genügt als Galvanometer ein ordinäres Verticalgalvanoscop, sobald man als Kette des zeitmessenden Stromes mindestens 3 Daniells nimmt. Die Kette muss so gewählt werden, dass die der Latenzzeit entsprechende Ablenkung etwa 2° beträgt. (Die Theilung schreitet meist nur um je 5° vor; die Practicanten müssen gewöhnt werden, noch einzelne Grade abzuschätzen.) Der Muskel wirkt am du Bois'schen Froschunterbrecher; das Quecksilber im Näpfchen muss rein, die Kupferspitze frisch amalgamirt sein. Die Helmholtz'sche Wippe muss in sorgfältiger Ausführung vorhanden sein (der Schliesscontact des zeitmessenden Stromes hat am zweckmässigsten die Gestalt eines Punctschlüssels). Sie ist am besten, wie gewöhnlich der du Bois'sche Schlüssel, auf einer Holzzwinge befestigt, und wird, um Erschütterungen des Quecksilberfadens zu vermeiden, nicht auf demselben Tisch wie der Froschunterbrecher angebracht.

Der Raum unter der Platte des Froschunterbrechers, resp. die Grösse der Wagschale ist für ausgiebige Ueberlastungen zu gering, besonders für die Versuche sub 23. Man lässt daher zweckmässig das hölzerne Grundbrett des Apparates durchbohren, stellt ihn auf die ebenfalls durchbohrte Platte eines vierbeinigen Tischchens, und hängt an den unteren Haken des Hebels einen leichten langen Drahthaken, welcher bis unter die Tischplatte reicht, und hier mit einer geeigneten Wagschale belastet werden kann. Das Gewicht dieser letzteren sammt Haken muss in die erste Ueberlastung mit einbezogen werden (s. unten).

Der Versuch beginnt mit Einstellung des Hebels auf

genauen Contact, und zwar ohne Hängedraht und Wagschale, so dass der Hebel allein die Belastung bildet. Der Muskel (Präparat wir in **6**, nur ohne den Nerven) wird mittels der Schraubvorrichtung über der Muskelklemme so lange heruntergelassen, bis der Platincontact des Hebels sich eben schliesst, was man daran erkennt, dass beim Aufklopfen mit dem Finger auf die Contactschraube kein Klappen mehr eintritt. Jetzt wird das Quecksilber mittels der Stahlschraube des Näpfchens bis zum Eintauchen der amalgamirten Spitze in die Höhe getrieben, und dann wieder in dem zur Fadenbildung nöthigen Grade gesenkt. Nun wird der Versuch ausgeführt und die kleine Ablenkung, welche der Latenzzeit entspricht, notirt. Dann folgen die Ueberlastungsversuche, mit 50 grm Ueberlastung beginnend, dann 100, u. s. f. Wiegt Wagschale und Draht 19 grm, so sind auf letztere 31 grm aufzulegen, um die erste Ueberlastung zu erhalten.

Aus Ueberlastungsgrössen und Ablenkungen wird eine Tabelle zusammengestellt, und dann unter der (natürlich für das Verticalgalvanoscop unzulässigen) Supposition, dass die Ablenkungen den Zeiten proportional wären, die Curve der Energieentwicklung in bekannter Weise abgeleitet.

19.

Gewinnung der Curve der Längenzuckung (sog. „isotonische Zuckung"). [1]

Es ist gut, wenn die Gewinnung der Zuckungscurven an allen zur Verfügung stehenden Myographien geübt wird,

---

[1] Die Benennungen „isotonische und isometrische Zuckung" sind zwar vollkommen correct, erfordern aber bei mir, und gewiss auch bei vielen Anderen, welche nicht ganz speciell dies Gebiet bearbeiten, stets erst eine gewisse Ueberlegung, weil sie von demjenigen Moment hergenommen sind, welches sich nicht ändert. Eine Benennung nach dem, das sich ändert, wie „Längenzuckung" und „Spannungszuckung", erscheint mir natürlicher und practischer.

d. h. am rotirenden (Helmholtz'schen), am Pendelmyographion und am Federmyographion. Das letztere wird wohl meist vorhanden sein. Im Folgenden ist die Plath'sche Ausführung des du Bois'schen Instruments vorausgesetzt.[1])

Der Muskel (Präparat wie in 18) wird mittels des Femurstumpfes ohne feuchte Kammer eingeklemmt, und so weit gesenkt, dass die Schreibspitze hinreichend hoch über der Schreibfeder der Stimmgabel steht, und doch noch Raum für eine maximale Zuckungshöhe auf der Glastafel findet. Zur Spannung des Muskels dient ein dünner Gummiring von geeigneter Weite, welcher zwischen den Haken der Grundplatte und des Schreibhebels eingehängt wird. Die Zuleitung des secundären Stromes zum Muskel (mit Absperrschlüssel) erfolgt oben mittels der Drahtklemme des Apparates, unten mittels eines in den Sehnenschlitz eingehakten dünnen Kupferdrahts. Der Umwerfcontact des Apparates wird in den primären Kreis des Inductionsapparates eingeschaltet, welcher 1 Dan. enthält. Die Rolle wird ganz aufgeschoben, die Schliessungsströme vom Muskel mittels des Absperrschlüssels abgeblendet.

Der Versuch beginnt zweckmässig damit, dass man den Muskel einige Maximalzuckungen machen lässt, bis der Verkürzungsrückstand einen constanten Betrag erreicht hat. Dann wird die Schreibplatte, welche nur schwach zu berussen ist, in die Spannlage gebracht, die Stimmgabel gespreizt, die Bremskorke etwa um 5 cm vorgeschoben, und beide Schreibspitzen durch vollständigen Nachlass ihrer Fäden an die Platte angelegt. Durch Druck auf den Abzugshebel wird der Schuss bewerkstelligt, so dass Abscissenaxe und Stimm-

---

[1]) Ein Mangel dieser sonst vortrefflichen Ausführung besteht, wenigstens an unserem Exemplar, so wie es bezogen wurde, darin, dass die Zurückziehung der Schreibspitze jedesmal eine Zugcomponente auf den Muskel ausübt. Dies muss dadurch vermieden werden, dass das Röllchen für den oberen Faden etwas höher, oder in gleicher Höhe noch ein Zwischenröllchen angebracht wird. Ferner ist die Stimmgabel zuweilen von zu geringer Schwingungszahl.

gabelcurve gleichzeitig geschrieben werden. Nach jeder Schreibung werden sofort beide Schreibspitzen wieder zurückgezogen. Die untere wird überhaupt nicht weiter gebraucht, und die Stimmgabel nicht von Neuem gespreizt.

Der nächste Act ist die Verzeichnung des Reizmomentes auf der Platte. Der Reizcontact wird geschlossen, der Absperrschlüssel geöffnet, die obere Schreibspitze angelegt, und der Schreibplattenrahmen ganz langsam vorgeschoben, bis er den Contact geöffnet und die Zuckung ausgelöst hat. (Schreibspitze wieder sofort zurückziehen!)

Jetzt wird die Zuckungscurve geschrieben, indem wieder die Spannstellung bewirkt, die Bremskorke vorgeschoben, der Reizcontact geschlossen, die Schreibspitze angelegt und der Schuss bewerkstelligt wird.

Zur Ausmessung der Latenzzeit wird die Schreibplatte einen Augenblick in alkoholische Schelllacklösung getaucht und getrocknet. Mit einem Anlegemassstab, welcher tangential zu den Kuppen der Stimmgabelcurve angelegt wird, wird die Länge einer Anzahl ganzer Schwingungen, und zwar unter der Latenzstrecke, summarisch gemessen, und durch die Zahl der Schwingungen dividirt; der erhaltene Werth ist die Länge für $1/n$ Sec., wenn n die Schwingungszahl der Gabel, welche ein für alle Mal nach dem Gehör und mittels der Zahl der Schwebungen mit der nächstliegenden Gabel aus der Sammlung des Instituts festgestellt wird.. Jetzt ist nur noch die Länge der Latenzstrecke zu messen, wozu wiederum der Anlegemassstab dient. Ist die Trennungsstelle zwischen Curve und Abscissenaxe nicht genau genug erkennbar, oder fällt der horizontale Theil der Curve (wie sehr oft in Folge von Verkürzungsrückständen) nicht genau mit der Abscissenaxe zusammen, so ist folgendes Verfahren zweckmässig.[1]) Man macht einen zweiten Versuch, in welchem man überhaupt keine Abscissenaxe zieht, sondern

[1]) Vgl. mein Handb. d. Physiol. Bd. 2. Abth. 1. S. 17.

mit der Herstellung der Zuckungscurve oder der Verzeichnung des Reizmomentes beginnt. Nach Gewinnung der Curve zeichnet man (durch Hebung und Senkung des Muskels und Durchziehung der Schreibplatte) zwei horizontale gerade Linien, die eine dicht über, die andere dicht unter dem axialen Theil der Zuckungscurve, und fixirt wie vorher. Man kann jetzt sehr genau die Stelle erkennen, an welcher das Verhältniss der Abstände der drei Linien sich zu ändern beginnt.

20.

Gewinnung der Curve der Spannungszuckung („isometrische Zuckung", „Energiecurve").

Hierzu gehört ein besonderer für diesen Zweck construirter Apparat. In Ermangelung desselben kann man am Federmyographion die Aufgabe annähernd dadurch erfüllen, dass man statt des dünnen Gummiringes eine so starke Spiralfeder von richtiger Länge einhängt, dass der Muskel nur eine sehr kleine Verkürzung ausführen kann, dafür aber den Muskel sehr nahe an der Axe angreifen lässt, so dass die Zuckungshöhe an der Schreibplatte so gross wird wie vorher. Zur Verdeutlichung des Princips ist dies genügend.

21.

Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung.

Dem Plath'schen Federmyographion ist meist eine Hartgummikapsel für den Nerven mit zwei Electrodenpaaren von Platindraht und einer Kupferkapsel zur Durchleitung von Eiswasser beigegeben. Für Cursversuche ist die Abkühlung des Nerven empfehlenswerth; bei Zimmertemperatur misslingt der Versuch leicht.

Mittels einer kreuzlosen Wippe werden beide Electroden-

paare mit dem Absperrschlüssel der secundären Spirale verbunden. Nach Abkühlung des Nerven wird die Zuckung von der oberen und der unteren Reizstelle aus an zwei benachbarten Stellen der ruhenden Schreibplatte als verticale Linie aufgeschrieben, und falls beide Striche ungleiche Höhe haben, ein grösserer Rollenabstand für die untere Reizstelle aufgesucht, bis beide Zuckungen gleiche Höhe haben. Nach Aufschreibung der Stimmgabelcurve (s. **19**) werden beide Zuckungscurven verzeichnet, und die ersterhaltene durch beigesetzte Häkchen (*V*), deren Spitze die Curve genau berühren, an mehreren Stellen bezeichnet, ehe die zweite Curve gewonnen wird. Der Reizmoment braucht nicht verzeichnet zu werden. Hierauf wird der Muskel etwas gehoben, und durch Verschieben der Schreibplatte eine horizontale Linie durch beide Curven hindurchgezogen, und dies noch in einigen anderen, nur wenig verschiedenen Höhen wiederholt. Bei gut gelungenem Versuch, d. h. congruenten Curven, müssen die auf den horizontalen Linien gemessenen Abstände beider Curven überall gleich sein. Die Messung dieser Abstände, sowie diejenige der Stimmgabelkuppen (**19**) erfolgt nach der Fixirung, mit dem Anlegemassstab, oder microscopisch mit einem micrometrischen Objecttisch und Fadenkreuz. Ferner ist die Nervenlänge zwischen den unteren Drähten beider Electrodenpaare zu messen, und die einfache Rechnung auszuführen.

22.

Dehnungscurve des Muskels und Abhängigkeit der Zuckungshöhen von der Belastung.

Hierzu dient ein Pflüger'sches Myographion, oder auch das Federmyographion mit der schon erwähnten Theilung des Führungsdrahtes (**6**). Die Schussfeder braucht nicht entfernt zu werden. Am Federmyographion wird der Einsatz an der Grundplatte, welcher das Häkchen trägt, entfernt, so

dass senkrecht unter dem Muskel eine weite Oeffnung entsteht. Der Apparat wird (wie in 18) auf dem durchbohrten Tischchen aufgestellt, und mittels eines hinreichend langen dünnen Drahthakens eine leichte tiefe Wagschale von Pappe angehängt (aus einer runden Pappschachtel zu improvisiren). Ferner braucht man 40—50 Bleikugeln von etwa 5 grm, welche man käuflich erhalten kann, oder in einer Kugelform giesst.

Zur (directen) Reizung dienen maximale Oeffnungsinductionsströme, welche mittels eines Punctschlüssels im primären Kreise hergestellt werden. Nach Einhängung des Muskels wird eine Abscissenaxe gezogen, jetzt die Platte auf einen Theilstrich eingestellt und der erste Zuckungsstrich aufgeschrieben. Nach Einlegung einer Kugel wird die Platte um einen Theilstrich verschoben; die entstehende horizontale Linie bedeutet das Ausgangsniveau für die folgende Zuckung, welche nun verzeichnet wird. Wieder wird eine Kugel eingelegt, die Platte um einen Theilstrich verschoben, und eine Zuckung gezeichnet, und so fortgefahren. Der Versuch fällt am elegantesten aus, wenn man die Intervalle zwischen je zwei Zuckungen nach der Uhr gleich gross macht. Die Schreibspitze bleibt stets anliegend.

Nach Beendigung des Versuches stellt die Verbindungslinie der unteren Eckpuncte zwischen den Horizontalstrecken und den Zuckungsstrichen die hyperbolische Dehnungscurve des ruhenden Muskels dar. (Die Verlängerungen der Zuckungsstriche nach unten, welche theils durch die Trägheitsdehnung des Muskels nach der Zuckung, theils durch das Hineinwerfen der Kugeln entstehen, bleiben unberücksichtigt.) Ein ähnliche, aber steiler abfallende Curve wird durch die Verbindungslinie der oberen Zuckungsendpuncte gebildet; diese Curve würde, wenn kein Schleudern stattfände, die Dehnungscurve des thätigen Muskels darstellen, ebenso würde die Last, für welche die Zuckungshöhe gerade bis an die Abscissenaxe reicht, die absolute Kraft darstellen.

23.

Messung der absoluten Kraft des Muskels.

Der Froschunterbrecher wird auf dem schon erwähnten Tischchen aufgestellt, und die in **18** erwähnte, für schwerere Gewichte geeignete Wagschale angehängt. Das Quecksilber im Näpfchen wird so weit in die Höhe getrieben, dass die Kupferspitze immer eintaucht, wenn der Platincontact geschlossen ist. In den Kreis beider Contacte wird ein Element und ein kleiner Electromagnet eingeschaltet, dessen Anker durch eine Feder abgezogen wird, und bei Oeffnung des Stromes gegen eine Glocke oder ein in einem Stativ eingeklemmtes Weinglas anschlägt.

Zur (directen) Reizung dienen in der ersten Versuchsreihe maximale Oeffnungsinductionsschläge, in der zweiten maximale tetanisirende Inductionsströme.

Der Platincontact wird vor Anhängung der Wagschale so wie in **18** durch Aufklopfen eingestellt, und etwa 300 grm auf die Wagschale gelegt. Wenn der Muskel diese Ueberlastung noch bewältigt, so werden 100 grm zugelegt, u. s. f., bis die Kraft überschritten ist, d. h. die Glocke nicht mehr ertönt; zuletzt kann man noch mit 50 grm rückwärts gehen, um einen genaueren Werth zu erhalten (das Gewicht der leeren Wagschale ist hinzuzuaddiren). In der zweiten Versuchsreihe, mit Tetanus, kann man mit 1 Kilo beginnen, da die Kraft hier für gute Gastrocnemien meist über diesem Werthe liegt.

24.

Der Schwann'sche Versuch.

Dieser Versuch kann unmittelbar an den vorigen anschliessen, erfordert aber, dass die Messingstange des Froschunterbrechers mit einer Millimetertheilung versehen ist, die man leicht selber anbringen kann. Nach Feststellung der absoluten Kraft (**23**), und zwar für Zuckungen, um die Ermüdung möglichst auszuschliessen, wird die Muskelklemme an

der getheilten Stange um 1 mm gesenkt, und die Kraft von Neuem bestimmt. Sie ist jetzt erheblich kleiner. Wieder wird um 1 mm herabgangen und die Kraft bestimmt u. s. f., bis man auch am nicht überlasteten Muskel keine Lösung des Contactes mehr erhält.

Durch Wiederheben des Muskels um je 1 mm, und jedesmalige Kraftmessung, kann man den Einfluss der Ermüdung ausschliessen, indem man aus je zwei correspondirenden Versuchen das Mittel nimmt.

25.

Directe und indirecte Erregbarkeit. Wirkung des Curare (Ligatur der Art. iliaca communis).

Ein Frosch wird auf dem Bauch liegend aufgebunden und ein longitudinaler Hautschnitt am Becken zwischen Os ilium und Os coccygis ausgeführt. Nach Spaltung der Fascie wird die schräggefaserte Musculatur zwischen beiden Knochen vorsichtig gespalten, bis die Beckenhöhle eröffnet ist. In der Tiefe erkennt man leicht den Plexus ischiadicus, und auf demselben, etwas schräg verlaufend, die schwarz pigmentirte Art. iliaca communis. Vor Verwechselung mit der weit dickeren und roth durchscheinenden Vene schützt man sich durch Verfolgung des Gefässes nach oben, bis zur Vereinigung mit demjenigen der anderen Seite zur Aorta; die beiden Venen vereinigen sich nicht, sondern begeben sich zu den Nieren. Unter der Arterie wird mittels einer feinen krummen Nadel, das Oehr voran, ein dünner Faden durchgezogen [1]), und die Ligatur ausgeführt.

Die Practicanten müssen sich üben, durch directe Betrachtung der Schwimmhäute unter dem Microscop bei schwacher Vergrösserung sich zu überzeugen, dass der Kreislauf auf der unterbundenen Seite fehlt, und zwar ohne Be-

[1]) Damit das feine Gefäss sich dabei nicht rollt, führt man die Nadel nur mit dem Oehr durch, hält sie fest, und zieht das kurze Fadenende mit einer Pincette heraus, hält dann dieses fest und zieht die Nadel wieder zurück. Ebenso verfährt man bei feinen Nerven (82, 92).

festigung des Frosches, durch Halten mit den Fingern (über genaue Beobachtung s. **85**).

Jetzt wird dem Frosche mittels einer Pravaz'schen Spritze etwa $^1/_5$ ccm einer 1 proc. Curarelösung subcutan oder in die Bauchhöhle injicirt, und das Thier auf einer nassen Porzellanplatte unter einer Glocke beobachtet. Nach Eintritt der Lähmung überzeugt man sich, dass der Frosch nur das unterbundene Bein angezogen hält, und mit demselben auf Hautreizungen, welche irgend eine Körperstelle treffen, abwehrend reagirt. Hierdurch ist bewiesen, dass die Lähmung eine peripherische ist, und Empfindung und Reflex erhalten sind.

Hierauf wird der Frosch in der in **5 b** beschriebenen Weise getödtet, und aus beiden Schenkeln die daselbst erwähnten Nervmuskelpräparate hergestellt. Man überzeugt sich im Laufe der Procedur, dass das Herz noch schlägt, dass das Blut aber sehr dunkel ist, weil die Athembewegungen gelähmt waren, die Gewebe aber fortfuhren den Sauerstoff des Blutes an sich zu reissen.

Die oberen Enden beider Plexus ischiadici werden zusammengelegt auf die Reizelectroden des Tetanisirapparates gebracht; nur der unvergiftete Schenkel geräth in Tetanus. Die Muskeln dagegen reagiren auf directe Reizung an beiden Schenkeln gleich.

Zur Vergleichung der directen und indirecten Erregbarkeit wird hierauf der Nerv des unvergifteten Schenkels der Länge nach auf den isolirten Gastrocnemius des vergifteten gelagert und die Electroden so angelegt, dass Muskel und Nerv in gleicher Länge und Dichte durchströmt werden; die secundäre Spirale wird weit von der primären entfernt, und nun bei geöffnetem Absperrschlüssel und spielendem Wagner'schen Hammer der primären genähert, bis die ersten Wirkungen auftreten. Zuerst geräth der indirect gereizte Muskel in Tetanus, und erst bei weit grösserer Annäherung auch der direct gereizte.

26.

Der Ritter-Rollett'sche Versuch.

Ein Nervmuskelpräparat, dem das Femur belassen ist, wird mittels des letzteren an einem Stativ so befestigt, dass der Unterschenkel senkrecht herabhängt. Der Nerv wird tetanisirt, bei grossem Rollenabstand beginnend. Beim Vorschieben der secundären Spirale sieht man zuerst Beuge- und erst bei stärkerem Reize Strecktetanus eintreten. Derselbe Versuch gelingt auch am Kaninchenschenkel.

27.

Ermüdung und Erholung des Muskels.

Den Contact einer Ludwig'schen Reizuhr oder eines Metronoms schaltet man in den primären Kreis eines Inductionsapparates ein. Die secundäre Spirale wird mit dem oberen Nervenende eines Muskels verbunden, der mit einem schwach vergrössernden Schreibhebel versehen, und mit einer Wagschale belastet ist. Der Nerv wird am besten in eine sog. feuchte Reizungsröhre gezogen. Den Schreibhebel lässt man auf den berussten Cylinder des Baltzar'schen Uhrwerks bei sehr langsamem Gange desselben wirken, so dass der Cylinder etwa eine Viertelstunde zu einem Umgang braucht.[1]) Der Rollenabstand wird so gewählt, dass maxi-

[1]) Um Muskelzuckungen auf dem Kymographioncylinder aufzuschreiben, ist Luftdruckübertragung am bequemsten und für viele Fälle genügend. Man lässt den Muskel mittels Fadens an eine Pantographenmembran angreifen, und verbindet diesen Pantographen mittels Schlauches mit dem zweiten, am Kymographion schreibenden. Zum Schreiben ohne Luftdruckvermittlung ist Rollenübertragung am bequemsten. Eine geeignete Vorrichtung ist abgebildet in Langendorff's physiol. Graphik S. 59, Fig. 44; der Hebel ist am besten ganz kurz und wird, wie beim Marey'schen Sphygmographen, durch Anstecken eines dünnen Holzstreifens mit Aluminium-Schreibfeder verlängert. Um die Schreibspitze fein an das Papier anlegen und zurückziehen zu können,

male Zuckungen erfolgen, und die Reizuhr auf Secundencontacte gestellt. Man erhält sehr dicht gedrängte Zuckungsstriche, und kann schon bei einem einzigen Umgange regelmässige Abnahme ihrer Höhen constatiren. Unterbricht man das Spiel auf 5—10 Minuten, so sieht man deutliche Erholung.[1])

Um die Wirkung der Ermüdung auf die Gestalt der Zuckungscurve zu sehen, klebt man am einfachsten auf den unteren Rand des Baltzar'schen Cylinders einen schmalen Papierstreifen, welcher ganz herumgeht, und auf denselben an einer Stelle einen ganz schmalen verticalen Stanniolstreifen. In einem von einem Stativ getragenen Kork befestigt man zwei Platindrähte so, dass sie übereinander auf dem Papierstreif federn, und der Stanniolstreif eine leitende Verbindung zwischen beiden herstellt. Die Platindrähte werden in den primären Kreis des Inductoriums eingeschaltet, unter Vermittelung einer Wippe ohne Kreuz, an deren andere Seite der Contact der Reizuhr angeschlossen ist; die beiden Hauptklemmen der Wippe werden mit Kette und primärer Spirale verbunden. Der Haupttheil des Baltzar'schen Cylinders ist wie gewöhnlich mit berusstem Glanzpapier bekleidet. Das Uhrwerk wird auf schnellsten Gang des Cylinders eingestellt. Man lässt nun den Muskel, indem man die Wippe nach der Seite der Reizuhr legt, alle Secunden zucken, schreibt aber die Zuckungen nicht auf, indem man die Spitze des Schreibhebels vom Papier zurückzieht (s. die in d. Anm.

---

dient die bekannte Marey'sche Einrichtung, dass der Schreibapparat mit seiner Hülse nicht direct auf den verticalen Träger, sondern auf ein ihn concentrisch umgebendes Rohr geschoben wird, welches mit einem horizontalen Daumen versehen ist, gegen welchen eine Schraube mit Gegenfeder wirkt (Abbildung s. in Langendorff's physiol. Graphik S. 74).

[1]) Man kann diesen Versuch bequemer mit directer Muskelreizung anstellen; dann aber kommt es leicht zu Verkürzungsrückständen, so dass die unteren Endpuncte der Zuckungsstriche immer höher rücken, d. h. der Muskel geräth trotz der langsamen Reizung in immer stärkeren Tetanus, auf den sich die Zuckungen aufsetzen.

erwähnte Vorrichtung). In grossen Intervallen schreibt man eine Zuckung auf, indem man zunächst das Uhrwerk in Gang setzt, bis es seine volle Geschwindigkeit erreicht hat, dann plötzlich die Wippe umlegt und die Schreibspitze anlegt; beim nächsten Vorübergang des Stanniolstreifs an den Platindrähten entsteht die Zuckungscurve, und sofort wird die Schreibspitze wieder abgezogen und die Wippe zurückgelegt. Diese Procedur wiederholt man alle 10 Minuten. Die Zuckungscurven fallen mit ihren Reizmomenten genau zusammen; zweckmässig erhebt man den Cylinder in dem Intervall zwischen zwei Zuckungscurven durch eine kleine Drehung der Kurbel um etwa 1 mm. Es zeigt sich, dass die Curven im Laufe der Ermüdung immer niedriger und gestreckter werden, und schliesslich im absteigenden Aste eine secundäre Erhebung (sog. „Nase") erhalten.

28.

Ermüdung des Nerven.

Von einem Frosche werden aus beiden Hinterbeinen die Unterschenkel mit den Nerven präparirt, die beiden oberen Nervenenden (Plexus) zusammen über zwei Zinkdraht-Electroden gelegt, welche mit dem Absperrschlüssel der secundären Spirale verbunden sind. Die primäre Spirale spielt mit Wagner'schem Hammer. An das untere Ende des einen Nerven werden zwei unpolarisirbare Röhrenelectroden mit ihren Thonspitzen nahe bei einander angelegt, und mittels derselben ein constanter Strom in aufsteigender Richtung so durchgeleitet, dass bei dem gewählten Rollenabstande der zugehörige Schenkel in Ruhe bleibt. Die beiden Unterschenkel werden auf einer Korkplatte befestigt (**5 c**), und das Ganze mit einer feuchten Kammer bedeckt.

Man tetanisirt nun so lange, bis der Tetanus in dem einen Schenkel fast verschwunden ist, und öffnet dann den

constanten Strom. Sofort bricht in dem zugehörigen Schenkel Tetanus aus, ein Beweis, dass die Ermüdung nur die Muskeln, nicht die Nerven betroffen hat. Die Unermüdbarkeit des Nerven kann noch directer mittels der negativen Schwankung im Tetanus (**45**) gezeigt werden; dieselbe zeigt sich noch nach sehr häufigen und dauernden Reizungen.

29.

Stenson'scher Versuch (mehr zum Vorlesungsversuch geeignet).

Einem chloralisirten Kaninchen wird die Bauchhöhle im untersten Theile der Mittellinie eröffnet, die Eingeweide zur Seite gedrängt, und die Aorta aufgesucht, unter welcher ein Faden durchgezogen wird. Hierauf wird die Wunde mit einer oder zwei kleinen, die Hautränder fassenden federnden Klemmpincettchen verschlossen, und das Thier losgebunden. Man überzeugt sich, dass es die Hinterbeine bei der Locomotion wie gewöhnlich anzieht und unter den Bauch bringt. Hierauf wird das Thier einen Augenblick auf dem Rücken liegend festgehalten, die Wunde geöffnet, die Aorta mittels des heraushängenden Fadens etwas vorgezogen und mit einer Klemme verschlossen, dann die Wunde wie vorher zugeklemmt. Das Thier bewegt anfangs die Hinterbeine wie früher. Nach wenigen Minuten aber schleppt es dieselben nach, und zieht sie auch bei starken Hautreizungen nicht an. Löst man jetzt die Aortenklemme, so tritt sehr schnell der frühere Zustand wieder ein.

30.

Todtenstarre und Wärmestarre.

An todtenstarren Kaninchen und Fröschen überzeugt man sich, dass Durchschneidung einzelner Sehnen, z. B. der Achillessehne, das betr. Gelenk leicht beweglich macht, die Starre also auf Verkürzung der Muskeln beruht.

Die abgeschnittenen, unenthäuteten Hinterbeine eines Frosches werden in 50° warmes Wasser gelegt. Nach kurzer Zeit strecken sie sich in allen Gelenken, es ist Starre eingetreten. Die blosgelegten Muskeln zeigen eine weisse, trübe, teigige Beschaffenheit. Noch besser werden die Schenkel in das Wasser hineingehängt.

An einem Sartorius, den man in reines Mandelöl, oder in 0,6 procentige Kochsalzlösung bringt, beobachtet man bei äusserst langsamer Erwärmung im Wasserbade, an einem in die innere Flüssigkeit getauchten Thermometer mit sehr kleinem Quecksilbergefäss, dass die Starreverkürzung schon bei 40° eintritt.

Auf einem gefirnissten Brettchen befestigt man mit Reissstiften abwechselnd blaue und rothe Lacmuspapierstreifen, dergestalt, dass jeder Streifen den vorigen ein wenig bedeckt. Einem frisch getödteten Thiere (Frosch, Kaninchen) entnimmt man einen dicken Oberschenkelmuskel, trocknet ihn mit Fliesspapier ab, und drückt einen frisch angelegten Querschnitt so auf die Streifen, dass mindestens ein blauer und ein rother getroffen wird. In der Regel wird der erstere schwach geröthet, der letztere schwach gebläut (amphichromatische Reaction).

Macht man denselben Versuch mit Muskeln, welche einem todtenstarren oder wärmestarren Thiere entnommen sind, so tritt kräftige Röthung des blauen Papiers ein. Die Flecke behalten nach dem Trocknen ihre Farbe.

31.

Säurung der Muskeln durch Anstrengung.

Einem Kaninchen, welches auf dem Bauche liegend befestigt ist, wird am Oberschenkel, der Fossa ischiadica entsprechend, ein longitudinaler Hautschnitt gemacht, und zwischen Biceps und Semimembranosus der Ischiadicus in der Tiefe aufgesucht, soweit als möglich nach oben, bis über die Thei-

lung in zahlreiche Oberschenkeläste verfolgt, und hier durchschnitten. Nach Verschluss der Wunde wird dem losgebundenen Thiere mit einer Pravaz'schen Spritze $^1/_4$ ccm einer 1 procentigen Lösung von Strychninnitrat injicirt. Nach einigen Minuten richtet sich das Thier unter kratzendem Schleifen der Zehen plötzlich auf, und verfällt in tetanische Streckung der Extremitäten, durch welche es oft weit fortgeschleudert wird, worauf es auf die Seite fällt. Man thut gut, das Thier nicht zu berühren, damit die Streckkrämpfe möglichst lange anhalten, ohne Erschöpfung herbeizuführen.

Sobald die Krämpfe aufhören, wird das Thier getödtet, beide Gastrocnemien abgelöst, wie in **30** mit Fliesspapier getrocknet, und mit ihren Querschnitten auf das Lacmuspapierbrett gedrückt. Die Reaction des an den Krämpfen betheiligt gewesenen Muskels ist deutlich sauer, die des anderen alkalisch.

32.

Wasserkrämpfe und Wasserstarre.

Einem Frosche wird, wie in **87** angegeben, eine Glascanüle in eine Aorta gebunden, und durch dieselbe in dort angegebener Weise destillirtes Wasser eingetrieben; das verdrängte Blut lässt man durch Abschneiden des Herzens abfliessen. Nach kurzer Zeit beginnen sämmtliche Muskeln zuerst fibrillär, dann allgemein in unregelmässige Zuckungen zu verfallen, welche in Tetanus übergehen. Zu empfehlen ist es, vor dem Versuch einen Plexus ischiadicus zu durchschneiden (Verfahren s. in **54**), um zu sehen, dass die Krämpfe nicht central erregt sind; statt dessen kann man auch den Frosch curarisiren (**25**), was aber weniger beweisend ist, weil das Wasser das Curare herauswäscht. Bald nach Eintritt der Krämpfe schwillt das Thier, besonders die Extremitäten, enorm an, und Eröffnung der Haut zeigt, dass die Schwellung von den gequollenen Muskeln herrührt, welche zugleich weiss

und teigig aussehen. Die Muskeln reagiren nicht mehr auf electrische Reize. Der abpräparirte Sartorius, in 2 procentige Kochsalzlösung eingelegt, nimmt allmählich sein normales Aussehen wieder an, und zeigt sich für stärkere Reize erregbar. Die Wasserstarre ist also nicht unmittelbar mit Abtödtung der Muskeln verbunden. Längeres Bestehen der Wasserstarre macht dagegen die Wiederherstellung unmöglich.

33.

Wasserstarre am isolirten Muskel.

Ein Frosch-Sartorius wird an einem Stativchen so aufgehängt, dass die untere Hälfte in destillirtes Wasser taucht. Nach einigen Minuten sieht man den eingetauchten Theil sich verkürzen und verdicken. Legt man jetzt den abgetrockneten Muskel auf eine Glasplatte, und bringt man die Thonspitze zweier Röhrenelectroden so an, dass die eine den lebenden, die andere den wasserstarren Abschnitt berührt, so erhält man, wenn die letztere Cathode ist, nur Oeffnungs- und keine Schliessungszuckung; das Umgekehrte tritt ein, wenn die Anode am starren Theile liegt. Dies polare Versagen kann nicht auf Superposition des Reizstromes auf den Demarcationsstrom beruhen (vgl. **15**), weil der wasserstarre Abschnitt nicht negativ gegen den erregbaren ist.

Der Versuch kann auch so angestellt werden, dass schon beim Einhängen des Muskels eine Electrode mit dem nicht eingetauchten Theil, die andere mit dem Wasser in Berührung gebracht, und von Zeit zu Zeit mit beiden Stromrichtungen auf Schliessungs- und Oeffnungszuckung untersucht wird.

34.

Idiomusculäre Contraction.

Der Versuch wird an der frischen Leiche eines zu irgend einem anderen Versuche verwendeten Kaninchens angestellt.

Am Zwerchfell, am besten in situ, fährt man mit einem stumpfen Drahte (Abfänger, **5b**) in irgendwelchen Richtungen über den Muskel; längs der Striche erhebt sich sofort ein schmaler Wulst, welcher nach einiger Zeit wieder verschwindet

35.

Vertrocknungswirkungen.

Dieselben bieten sich fast von selbst dar, und müssen nur beachtet werden. Zufällig vom vorigen Tage her unbedeckt liegende enthäutete Froschschenkel zeigen oft beim Aufklopfen mit dem Finger, welches an frischen Präparaten ganz wirkungslos ist, starke und anhaltende Zusammenziehung, welche sich nicht auf die berührten Muskeln beschränkt, aber auch nicht alle ergreift, so dass Verbiegung und Windung die Folge ist.

Der frei herabhängende Nerv eines Unterschenkels bewirkt in letzterem durch sein Vertrocknen heftige Einzelzuckung und Tetanus, welcher beim Abschneiden des Nerven sofort, beim Eintauchen desselben in Wasser oder 0,6procentige Kochsalzlösung allmählich verschwindet.

36.

Galvanisches Wogen (Kühne'sches Phänomen).

Ein Sartorius wird auf einer Korkplatte mittels zweier Stecknadeln, welche ihn in der Nähe der Enden durchbohren, festgestellt. An beide Nadeln sind dünne Leitungsdrähte gelöthet, welchen durch Schlüssel und Stromwender der Strom einer 5–10 gliedrigen Kette (Tauchelemente) zugeleitet werden kann. Der Muskel darf nicht gedehnt sein. Beim Durchleiten des Stromes tritt ein zierliches Rieseln von Wulsten in der Richtung desselben ein, welches allmählich nachlasst, und durch Umlegen des Stromwenders ver-

stärkt wird. Starke Spannung sowohl wie ganz schlaffe Befestigung verhindert die Erscheinung. Am todten Muskel fehlt dieselbe.

Hängt man den Sartorius, gering belastet, in Mandelöl oder in 0,6 procentige Kochsalzlösung, während beide Enden des Muskels mit dünnen Leitungsdrähten versehen sind, so sieht man bei Erwärmung der Flüssigkeit ein sehr viel stärkeres Wogen, bei Abkühlung auf 0° bleibt dasselbe aus.

37.

Wirkung starker Ströme auf Nerven- und Muskelfasern.

Ein grosser Objectträger, dessen Länge diejenige des Ob ecttisches beträchtlich überragt, wird mit 2 dünnen Stanniolblättern so beklebt, dass zwischen beiden ein Raum von etwa 20—23 mm frei bleibt. Aus dünnem Glase (dünnste Objectträger) wird ein Streifen von 5—6 mm Breite und solcher Länge geschnitten, dass der Streifen den freien Raum zwischen den Stanniolblättern überbrücken und auf beiden reichlich aufliegen kann. Die beiden Enden des Objectträgers werden mit Schlitzklemmen (Blechklemmen, Reitklemmen) so versehen, dass dieselben den Stanniol fest fassen. Dünne Zuleitungsdrähte gehen von diesen Klemmen zu einer vielgliedrigen Säule (Accumulator oder mehrere hintereinander geschaltete Tauchbatterien) unter Einschaltung von Schlüssel und Stromwender.

Ein wenige Millimeter langes Stück eines dünnen Froschnerven (Glossopharyngeus, Hypoglossus, dünnere Fäden des Plexus ischiadicus), mit zwei frischen Querschnitten versehen, wird in axialer Richtung in die Mitte zwischen beiden Stanniolblättern gebracht, und dann die oben beschriebene Deckplatte, vorher an der unteren Fläche mit destillirtem Wasser benetzt, in axialer Richtung aufgelegt, so dass sie zugleich auf beiden Stanniolblättern aufliegt. Durch Benetzen der Ränder der Deckplatte mit destillirtem Wasser mittels

eines Glasstabes sorgt man nöthigenfalls dafür, dass der ganze Raum unter dem Deckglase mit Wasser erfüllt ist. Stellt man jetzt bei schwacher Vergrösserung (Hartnack 4 oder Zeiss BB) auf einen der beiden Querschnitte ein, und schliesst nun den Strom in der Richtung, dass das dem Querschnitt gegenüberliegende Stanniolblatt Anode ist, so sieht man sofort ein grossartiges Herausströmen des Markes aus allen Nervenröhren, in Gestalt eines divergirenden Büschels. Umlegen des Stromes macht Wiedereinziehung, wenn auch nicht vollkommene. Bei sehr langen Schliessungen oder kürzerem Abstande der Stanniolblätter erfolgt nach dem Markaustritt eine von der Anode aus vorrückende graugelbe wolkige Trübung, welche die ausgetretenen Massen gegen den Querschnitt zurückschiebt („Einrollung").

Bringt man statt des Nerven ein dünnes Muskelbündel, ebenfalls von zwei Querschnitten begrenzt, in die Mitte der Axe, füllt aber diesmal den Raum unter dem Deckglase nicht mit destillirtem Wasser, sondern mit 0,1 procentiger Kochsalzlösung, so sieht man bei der Durchströmung aus dem anodischen Querschnitt den quergestreiften Faserinhalt mit Divergenz der Fibrillen austreten, während die Sarcolemme sich zurückziehen.

Die Versuche gelingen auch mit kräftigen Inductionsströmen, und zwar ist bei Wechselströmen die Richtung des Oeffnungsstromes massgebend. Jedoch wirken die Inductionsströme zugleich stark erhitzend, was Störungen bewirken kann. Die Versuche gelingen auch an todten Nerven und Muskeln.

38.

Die Flimmerbewegung.

Das nächstliegende Object zur ersten Beobachtung der Flimmerbewegung ist die Rachenschleimhaut des Frosches. Man tödtet den Frosch in der gewöhnlichen Weise (**5b**), er-

weitert auf beiden Seiten die Maulöffnung ausgiebig durch Scheerenschnitte, legt das Thier auf den Rücken, und zieht den Unterkiefer nach unten, so dass der Rachentrichter frei liegt. Mit einem feinen Tuschpinsel bringt man ein sehr kleines Quantum mit Wasser angeriebener chinesischer Tusche dicht über dem Trichtereingang auf die dorsale Schleimhautfläche, und sieht dann die Tusche rasch in den Schlund hineinwandern und verschwinden. Dann spaltet man den Schlund bis zum Magen und excidirt seine Schleimhaut, um folgende Beobachtungen anzustellen. Ein kleines viereckiges Stück wird ausgeschnitten und mit der Epithelseite auf eine mit gewöhnlichem Wasser benetzte Glasplatte gelegt. Man sieht das Schleimhautstück fortkriechen, meist nicht gradlinig, sondern in bogenförmiger Bahn. Leichtes Anwärmen der Glasplatte beschleunigt die Wanderung. Ferner klappt man ein Stück der Flimmerhaut um, die Epithelseite nach aussen, legt es auf einen Objectträger, bedeckt es unter genügendem Zusatz von Leitungswasser mit einem Deckglase und stellt bei schwacher Vergrösserung auf die Umschlagfalte ein, um die Cilienbewegung zu sehen. Endlich schabt man etwas vom Epithel ab, und betrachtet es in 0,6 proc. Kochsalzlösung bei stärkerer Vergrösserung; man sieht einzelne Flimmerzellen oder Gruppen von solchen, oft durch ihre Cilienbewegung von der Stelle rückend, oder sich im Kreise drehend.

Gute andere Objecte sind eben ausgeschlüpfte Froschlarven, Paramaecien, Muschelkiemen, endlich die Nasen- oder Kehlkopfschleimhaut frisch getödteter Hunde.

E. Versuche über thierische Electricität.

39.

Aufstellung eines Multiplicators.

Es wird zunächst angenommen, dass das Nadelpaar nicht den genügenden Grad von Astasie besitze. Dasselbe

wird nach starker Senkung des Coconfadens vom Häkchen desselben abgelöst, aus dem Multiplicator herausgenommen, und nach Sättigung beider Nadeln durch sachgemässes Streichen mit einem Stabmagneten, am Astatisirungsstativ[1]) aufgehängt. Nach einem leichten drehenden Stoss wird die Glocke übergedeckt, und durch Messung der Dauer von etwa 5—10 Schwingungen die Schwingungsdauer festgestellt. Hierauf wird die stärker magnetische der beiden Nadeln, d. h. diejenige, deren Nordpol nach Norden zeigt, durch Gegenstreichen mit einer magnetisirten Nähnadel (Nordhälfte mit Nordpol, Südhälfte mit Südpol!) vorsichtig abgeschwächt, und immer wieder die Schwingungsdauer ermittelt, bis dieselbe auf mehrere Secunden gestiegen ist. Man bemerkt, dass jetzt das Nadelpaar sich nicht mehr in den Meridian, sondern annähernd senkrecht zu demselben einstellt (sog. freiwillige Ablenkung, bedingt dadurch, dass beide Nadeln nicht genau parallel sind, und die Nordpole beider Nadeln sich möglichst nach Norden einstellen, vgl. Fig. 14). Hängt man jetzt das

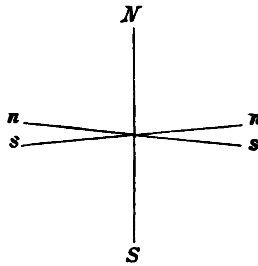


Fig. 14.

Nadelpaar wieder in den Multiplicator ein, so sucht sich dasselbe in Folge des Eisengehaltes der Drahtmassen in eine der beiden Diagonalstellungen zu begeben. Ein kleiner an den

---

1) Dies Stativ besteht aus einem messingnen Gestell mit Coconfaden und Häkchen, welches mit einer Glasglocke bedeckt werden kann.

empfindlichen Multiplicatoren angebrachter Hilfsmagnet (die abgebrochene Spitze einer magnetisirten Nähnadel) dient dazu das System in die Nulllage zu bringen, was leicht durch Drehung des Gewindes, nach Horizontalstellung des Instrumentes mittels der Fussschrauben, zu erreichen ist. Der Multiplicator muss auf einem eisenfreien Wandconsol oder einem Fundamentpfeiler aufgestellt werden und muss vor directem Sonnenlicht geschützt sein. Seine beiden Endklemmen werden durch Kupferdrähte mit einem Absperrschlüssel verbunden, welcher nur behufs Beobachtung von Ablenkungen geöffnet wird. Der Absperrschlüssel darf nicht am Multiplicator-Consol befestigt sein.

40.

Aufstellung eines Spiegelgalvanometers.

Das Instrument wird auf dem (sonnenfreien) Consol oder Fundamentpfeiler, horizontal gerichtet, aufgestellt, und der Spiegel annähernd in eine zur Fernrohraxe senkrechte Ebene gedreht. Das Fernrohr mit seiner Scala wird in 2—3 Meter Abstand auf einem verstellbaren Bockstativ aufgestellt und zunächst so eingestellt, dass der Spiegel im Gesichtsfelde erscheint. Jetzt wird das Ocular etwa so weit herausgezogen, wie einem doppelten Objectabstand entspricht, und nun ein an einem Stabe befestigtes weisses Cartonstück in derjenigen Verticalebene, in welchem sich die Scala befindet, so lange umherbewegt, bis das weisse Object im Gesichtsfelde erscheint. Nachdem man sich die hierzu nöthige Stellung des Objectes gemerkt hat, gilt es, die Mitte der Scala in diejenige Lage zu bringen welche der Mitte zwischen der vorhandenen und der gefundenen Stellung entspricht. Hierzu dienen sowohl horizontale wie verticale Verstellungen des Fernrohrbocks, auch Verchiebungen der Scala nach oben oder unten, falls die Tragvorrichtung der Scala solche gestattet. Nach fortgesetzten Correcturen der Scalenstellung und der Ein-

stellung des Fernrohrs erreicht man schliesslich, dass die Mitte der Scala scharf im Gesichtsfelde erscheint, und der Theilstrich 50 (500) sich mit dem Verticalfaden des Fadenkreuzes deckt.

Jetzt ist, falls man soweit gehen will, der geeignete Moment zur Bestimmung des Dämpfungsgrades des Instrumentes, welcher sich in der Grösse des logarithmischen Decrementes ausspricht. Man notirt die Ruhestellung der Scala, bringt den Magneten durch einen Strom, oder momentane Näherungen eines Magnetpoles zur Ablenkung, und notirt, sobald die Schwingungen sich auf den Scalenbereich reducirt haben, die Umkehrpuncte. Nach Ausrechnung der Reihe der Ablenkungen überzeugt man sich, dass das Verhältniss der successiven Ablenkungen, oder die Differenz ihrer Logarithmen, constant bleibt. Will man diese Differenz, das logarithmische Decrement, zu weiteren Rechnungen benutzen, so muss man dieselbe durch Multiplication mit 2,3026 in einen natürlichen Logarithmus verwandeln. Ebenso kann man die Schwingungsdauer leicht bestimmen.

Hierauf wird der Hauy'sche Astatisirungsmagnet in seinem Träger, zunächst in grosser Entfernung vom Magnetring, angebracht, und so lange im Azimuth gedreht, bis das Scalenbild wieder auf 50 einsteht. Ein schwacher Strom wird durch das Instrument geleitet, und beobachtet, wie weit das Instrument noch von der Aperiodicität (und zugleich von der hinreichenden Empfindlichkeit) entfernt ist. Durch weitere Annäherung des Magneten unter beständiger Correctur des Azimuths, so dass stets der Theilstrich 50 eingehalten wird, erreicht man schliesslich, wenn das Instrument genügende Dämpfung besitzt, vollständige Aperiodicität, d.h. Einstellungen in Ablenkung und in Ruhestellung ohne Hinausschwingen über den Einstellungspunct. Für diese Arbeit ist es bequem, wenn eine zweite Person die Beobachtung am Fernrohr übernimmt.

Ein so eingestelltes Instrument zeigt beständige langsame Aenderungen der Ruhelage, welche im Allgemeinen Nichts schaden. Es ist nicht nöthig, dieselben jedesmal zu corrigiren.

Am Fernrohrplatz befindet sich wieder ein Absperrschlüssel, mit welchem das Galvanometer durch zwei lange dünne Drähte verbunden ist. Dieselben werden an gespannten Bindfäden so hoch (mittels Gummischlingen) aufgehängt, dass der Durchgang zwischen Fernrohr und Instrument frei bleibt.

Ein Tisch mit der Compensationsvorrichtung (**41**) befindet sich zur Rechten, ein anderer mit der feuchten Kammer und den sonstigen Versuchsvorrichtungen zur Linken des Beobachters. Beide Tische können mit einander einen rechten Winkel bilden, an dessen Scheitel der Fernrohrbock steht.

41.

Beobachtung des Muskelstromes. Compensation.

Zu den Versuchen dient eine geräumige feuchte Kammer, deren Innenfläche mit einer herausnehmbaren dicken Glasplatte bedeckt ist, und in deren Nuth ein grosser Glassturz passt.[1]) Eine Anzahl Glasröhren, welche durch das Holz hindurchgehen, dienen zur isolirten Zuführung der Leitungsdrähte, welche zum Absperrschlüssel des Galvanometers führen. Zwei unpolarisirbare Röhrenelectroden werden in der Kammer aufgestellt, mit Thonspitzen versehen, und mit gesättigter Zinksulphatlösung[2]) unter Vermeidung jedes Ueberlaufens gefüllt.[3]) Hierauf wird die Ablenkungsrichtung festgestellt, indem man den Leitungsdraht von der einen Elec-

---

[1]) Näheres über zweckmässige Einrichtung derselben s. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 42, S. 80.

[2]) Die Lösung muss gesättigt und einmal mit etwas Zinkoxyd gekocht sein, welches man am Boden der Vorrathsflasche lässt. Dieselbe wird zweckmässig mit einem Korkstöpsel verschlossen, in welchem eine Pipette steckt, die den Boden nicht erreichen darf.

[3]) Dies gelingt besonders leicht und sicher an meinen Electroden, deren Röhren rund sind, und ohne den Zinkdraht wegzunehmen aus ihrer Fassung genommen werden können. Sie werden erst, nachdem sie völlig gefüllt sind, an ihren Platz gebracht. (Vgl. a. a. O. S. 79.)

trode abnimmt[1]), an die Thonspitze der anderen anlegt, und für einen kurzen Moment den Absperrschlüssel öffnet. Man richtet es, indem man nöthigenfalls die Drahtverbindung am Schlüssel wechselt, so ein, dass ein zwischen den Electroden von links nach rechts gehender Strom das dem Beobachter nähere Nadelende, resp. das Scalenbild, nach rechts ablenkt.[2]) Endlich werden beide Thonspitzen an einander geschoben, und nachgesehen, ob die Electroden gleichartig sind. Geringe Ungleichartigkeiten (d. h. Ablenkungen) sind zwar für die

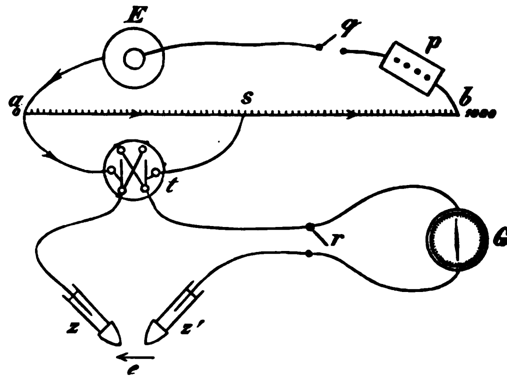


Fig. 15.

ersten gröberen Muskelstromversuche unschädlich; es ist aber principiell richtiger sie zu compensiren.

Der Compensator besteht aus einem auf eine Schiene gespannten und mit Papierscala versehenen Platindraht *a b* von

1) Damit dies jederzeit leicht geschehen kann, ist die Klemmschraube, welche den Draht festhält, bei mir nicht mit dem Schraubenzieher, sondern mit den Fingern zu regieren; eine Kleinigkeit, aber von grossem practischem Vortheil, wie auch das in der vorigen Anmerkung Bemerkte.

2) Hat man an beiden Nadelenden des Multiplicators verschieden gefärbte Fähnchen von dünnstem Blumenpapier angebracht, was besonders für Vorlesungsversuche zweckmässig ist, so genügt es, sich zu merken, welches Nadelende im Sinne der Stromrichtung sich bewegt.

1 Meter Länge zwischen den mit Doppelklemmen versehenen Endkloben; ein auf der Schiene gleitender, durch eine Bleieinlage beschwerter Holzschieber hat an seinem einen Stirnende eine mit Drahtklemme versehene Kupferplatte, welche mit einer zugeschärften Platineinlage auf dem Platindraht aufruht. Den beiden Enden des Messdrahtes wird der Strom eines Daniell's zugeleitet, in welchen ein Stöpselrheostat *p* und ein Schlüssel *q* eingeschaltet sind. Ferner wird vom Nullende *a* und vom Schieber *s* des Messdrahtes, unter Einschaltung eines Stromwenders, zum Galvanometer-Electrodenkreise abgeleitet, wie Fig. 15 es zeigt.

Bei verbundenen Spitzen der Electroden *z z'* bewirkt die Schliessung des Compensatorstromes (mit etwa 100 Ohm am Rheostaten) eine Ablenkung, welche natürlich mit der Wippenlage wechselt. Man wählt die Verbindungen so, dass bei Wippenlage nach rechts das Scalenbild nach rechts getrieben wird. Ist nun z. B. eine nach rechts ablenkende Ungleichartigkeit vorhanden, so ist es leicht, den Magneten auf die Nulllage zurückzuführen, indem man die Compensatorwippe nach links legt, den Compensatorstrom schliesst, und den Schieber langsam verschiebt.

Hierauf wird einem getödteten Frosche nach Enthäutung der Schenkel (**5b**) ein Oberschenkelmuskel, am besten Sartorius, Gracilis oder Semimembranosus, entnommen, beide Enden abgeschnitten, und der Muskel auf den Boden eines umgestürzten Becherglases [1]) gelegt. Wird die rechte Thonspitze auf die Querschnittsfläche, die linke auf die natürliche Oberfläche des Muskels gelegt, so bewirkt Oeffnung des Absperrschlüssels eine starke Ablenkung nach links, welche die Nadel an die Hemmung wirft, resp. die Scala aus dem Gesichtsfeld treibt. Um diese Ablenkung zu compensiren, muss natürlich die Compensatorwippe nach rechts gelegt

[1]) Noch empfehlenswerther ist es, auf die äussere Bodenfläche des Becherglases ein grosses Uhrglas mit der concaven Fläche aufzukitten.

werden; der Rheostatwiderstand ist auf etwa 20 Ohm zu stöpseln.

An demselben Muskel werden nun die Ableitungen mannigfach modificirt, und sowohl die Ablenkungen, falls dieselben im Gesichtsfelde bleiben, als auch die zugehörigen Compensatorstände (und zwar Rheostatwiderstand, und Schieberstellung am Messdraht) protokollirt. Die Ablenkungen werden so notirt, dass Ausgangsstellung und Ablenkungsstellung unter einander geschrieben werden, und nachher die Differenz genommen wird; ob nach rechts oder links abgelenkt wurde, ersieht man aus dem Vorzeichen der Differenz. Bei Multiplicatorversuchen ist nicht der erste Ausschlag, sondern die nach Beendigung der Schwingungen erscheinende Einstellung massgebend. Man constatirt: 1. die Negativität jedes Querschnittspunctes gegen jeden Längsschnittspunct („starke Ströme") und die Abhängigkeit des Betrages der Ablenkung, resp. Compensationsstellung von der Nähe der Ableitungspuncte an Mitte des Querschnitts, resp. Aequator des Mantels; 2. die Negativität jedes dem Querschnitt näheren Mantelpunctes gegen jeden dem Aequator näheren („schwache Längsschnittsströme"); 3. die annähernde Stromlosigkeit zwischen zwei symmetrisch gelegenen Mantelpuncten, sowie zwischen zwei Querschnittspuncten („stromlose Anordnungen"); 4. bei schrägen Schnitten kann man constatiren, dass von zwei den Schnitten gleich nahen Mantelpuncten der der scharfen Kante nähere negativ ist gegen den der stumpfen Kante näheren („Neigungsströme").

42.

Ermittelung des absoluten Werthes der electromotorischen Kräfte.

In Fig. 15 (S. 80) ist in Folge der Compensation die Leitung *aeGs* stromlos, der erste Kirchhoff'sche Satz (**5a**)

ergiebt also, dass der Strom der Strecke *as* gleich dem der Strecke *aEbs* ist; er sei $= I$. Der zweite Kirchhoff'sche Satz ergiebt weiter, wenn W der Widerstand des ganzen Kreises *aEbsa* und w derjenige des Drahtstückes *as*: 1. für den Kreis *aEbsa*: $IW = E$; 2. für den Kreis *aeGsa*: $Iw = e$; durch Elimination von I ergiebt sich also $E/W = e/w$, oder

$$e = \frac{w}{W} E.$$

Es ist nützlich, dies Ergebniss noch auf anderem Wege abzuleiten. Da die Leitung *aeGs* stromlos ist, so verhält sich der Strom in dem Kreise *aEbsa*, als wenn jener Seitenzweig nicht vorhanden wäre. Die Potentialdifferenz an den beiden Puncten *a* und *s* hat also nach **1** den Betrag Iw oder Ew/W. Der Zweig *aeGs* ist aber offenbar nur dadurch stromlos, dass die Kraft e der Potentialdifferenz an den Fusspuncten *a* und *s* gerade das Gleichgewicht hält, also muss $e = Ew/W$ sein.

Die Compensationsmethode beruht also darauf, zwei Puncte eines geschlossenen Stromes aufzusuchen, deren Potentialdifferenz der zu messenden gerade gleich ist.

Ist das Element E ein Daniell'sches, also $E = 1$ Volt, so ist hiernach die Kraft e des Muskelstromes einfach $= w/W$ Volt. Der Widerstand W setzt sich zusammen a) aus dem Widerstande des Elementes, der nach **52f** ein für allemal zu messen ist; nur muss dann stets dasselbe Element frisch und in gleichem Maasse gefüllt verwendet werden; b) dem Widerstande des Messdrahtes *ab*, welcher ebenfalls ein für allemal nach **52c** bestimmt wird; c) dem jedesmaligen Rheostatwiderstande, welcher direct bekannt ist; d) den Widerständen der kurzen dicken Verbindungsdrähte und des Schlüssels *q*, welche sämmtlich vernachlässigt werden können.

Der Widerstand w ergiebt sich ohne Weiteres aus b), da jeder mm Drahtlänge $= 1/1000$ des Messdrahtwiderstandes ist. Ist beispielsweise a) = 2,3 Ohm, b) = 2,6 Ohm, und

waren zur Compensirung bei 20 Ohm im Rheostaten 437 mm Messdraht erforderlich, so ist

$$e = \frac{437 \cdot 0{,}0026}{2{,}3 + 2{,}6 + 20} = 0{,}0456 \text{ Volt.}$$

Je grösser der Rheostatwiderstand, um so mehr verschwinden ihm gegenüber die Widerstände des Elementes und des Messdrahtes, um so einflussloser werden also die unvermeidlichen Schwankungen des ersteren.

Für Untersuchungen bequemer, aber für das Practicum weniger instructiv ist es, sich eine kleine Tabelle anzulegen, welche für die gewöhnlich gebrauchten Rheostatwiderstände (10, 20, 50, 100, 500 Ohm) unmittelbar den Kraftwerth für jeden mm Messdraht von 1 bis 9 angiebt; man hat dann jedesmal nur Additionen mit Stellenverschiebung auszuführen.

War vorher eine Ungleichartigkeit der Electroden vorhanden, so ist die Kraft derselben aus dem betreffenden Compensatorstande zu ermitteln, und von der berechneten Kraft in Abzug zu bringen, oder hinzuzuaddiren, je nachdem sie dem Muskelstrom gleich oder entgegengesetzt gerichtet war.

43.

Stromlosigkeit unversehrter Muskeln.

Einem soeben getödteten Frosche wird ein Bein am Oberschenkel amputirt, das Femur in einem Stativ befestigt, der Fuss unter dem Sprunggelenk ebenfalls amputirt, und die Unterschenkelhaut an der Vorderseite längs der Tibia aufgeschlitzt, die oberen Winkel des Hautlappens mit zwei Pincetten erfasst, und so die Haut mit kräftigem Zuge abgestreift. Jede Berührung des Gastrocnemius mit Instrumenten, Fingern oder gar Hautsecret ist sorgfältig zu vermeiden. Der Gastrocnemius wird an der Achillessehne mit einer Pincette erfasst, die Sehne mit einem Scheerenschnitt vom Knochen abgetrennt, und der Muskel vorsichtig vom Knochen

abgezogen, endlich hart am Kniegelenk abgeschnitten, und mit der Vorderfläche auf eine reine, trockene Platte gelegt. Die Thonspitzen frisch hergestellter Electroden, deren etwaige Ungleichartigkeit compensirt ist, werden vorsichtig und ohne Druck, die eine dem Fleisch, die andere der Sehne angelegt. An gut gelungenen Präparaten zeigt sich kein Strom. Legt man jetzt ein Stück Haut mit seiner Aussenfläche auf den Sehnenspiegel, so zeigt sich eine allmähliche Entwickelung eines im Muskel aufsteigenden Stromes. Weit schneller erreicht man dieselbe, wenn man den Sehnenspiegel mittels eines Glasstabes mit einer Säure, Salzlösung oder Kreosot anätzt.

44.

Wirkung der Erregung auf den Muskelstrom.

Ein aus Gastrocnemius und Ischiadicus bestehendes Präparat wird auf einer Korkplatte so befestigt (Sehnenspiegel nach oben), dass der Muskel mittels zweier durch Knie und Achillessehne gestochener kräftiger Nadeln stark gespannt gehalten wird. Der Nerv wird auf zwei mit dem Absperrschlüssel eines Inductionsapparats (**9 m**) verbundene Zinkelectroden gelegt, deren Leitungsdrähte durch zwei Röhren der feuchten Kammer gehen (**41**). Der bei Ableitung von Sehne und Fleisch etwa vorhandene schwache Strom wird compensirt, und nun der Muskel zu einer Zuckung gebracht. Dieselbe bewirkt am Multiplicator keine, an einer Spiegelboussole mit leichtem Magnet dagegen eine deutliche absteigende (atterminale) Ablenkung. Beim Tetanisiren zeigen beide Instrumente eine kräftige Wirkung in gleichem Sinne.

Hierauf wird der Sehnenspiegel angeätzt (**43**) und nach Compensirung des entstandenen starken aufsteigenden Stromes die Tetanisirung wiederholt. Auch jetzt entsteht, und zwar energischer als vorher, eine absteigende (atterminale) Wirkung. Dieselbe zeigt sich auch ohne Compen-

sation als Rückgang der durch den Demarcationsstrom bewirkten Ablenkung (negative Schwankung). Dass dieselbe nicht von Widerstandszunahme, sondern von Kraftabnahme, oder vielmehr vom Auftreten einer dem Demarcationsstrom entgegengesetzten neuen Kraft (Actionsstrom) herrührt, zeigt der Compensationsversuch.

Die vollständige theoretische Aufklärung des Vorganges ist nur durch Rheotomversuche zu gewinnen, für welche das Practicum weniger geeignet ist. Dieselben lehren, dass am unversehrten Muskel beim Tetanus zwei Wirkungen mit einander alterniren: eine atterminale und eine abterminale, von denen die erstere die kräftigere ist; ohne Rheotom beobachtet man nur die algebraische Summe, welche im Sinne der stärkeren, atterminalen Wirkung ist. Nach der Anätzung, d. h. Herstellung eines künstlichen Querschnitts am unteren Muskelende, fällt die abterminale Phase gänzlich aus, so dass die summarische Wirkung stärker ist.

45.

Beobachtung des Nervenstromes und seiner Erregungsschwankung.

Man stellt ein Nerv-Unterschenkelpräparat wie in **5 b** her, schneidet aber dann den Unterschenkel ab.[1]) Der Nerv wird mit seinem unteren Ende so auf die Thonspitzen gebracht, dass der soeben hergestellte Querschnitt sehr genau der einen, und der Längsschnitt der anderen anliegt; die Strecke zwischen beiden Ableitungspuncten muss, besonders für Multiplicatorversuche, sehr kurz, etwa 2—3 mm sein. Der Nerv klebt leicht von selbst an den Thonspitzen, besonders

---

[1]) Der Unterschenkel ist nicht allein die beste Handhabe zur Präparation des Nerven, ja sogar zu seiner Anlegung an die Electroden, sondern auch das willkommene Mittel, um die Unversehrtheit des Nerven nach der Präparation zu constatiren; der Schenkel muss zucken, wenn das oberste Nervenende leicht geklopft wird.

wenn man zugleich das obere Nervenende auf die Reizelectroden legt, wodurch der Nerv genügend getragen wird.

Ein Multiplicator von mindestens 30000 Windungen genügt bei guter Astasie (**39**) zur Darstellung aller Grunderscheinungen. Weit schöner sind sie am Spiegelinstrument. Man beobachtet den im Nerven vom Querschnitt zum Längsschnitt gerichteten Demarcationstrom, misst dessen electromotorische Kraft, und beobachtet, ohne oder mit Compensation, die negative Schwankung beim Tetanisiren.

Nach längerem Warten findet man sowohl den Demarcationsstrom als auch dessen Erregungsschwankung sehr geschwächt oder ganz aufgehoben, während ein frisch angelegter Querschnitt wieder die ursprünglichen Wirkungen zeigt. Der Grund liegt darin, dass wenn das Absterben einer Faser die nächste Zellgrenze (Ranvier'scher Schnürring) erreicht hat, die electromotorische Kraft aufhört, weil nur partielles Absterben eines protoplasmatischen Continuums electromotorisch wirkt. Die negative Schwankung kann auch dazu dienen, die Unermüdbarkeit des Nerven zu demonstriren (vgl. **28**); jedoch muss der Querschnitt stets angefrischt werden.

Leitet man von zwei Längsschnittspuncten ab, so erhält man weder einen Ruhestrom noch eine Erregungswirkung. Letztere tritt jedoch scheinbar auf, wenn die Reizelectroden den ableitenden etwas näher gerückt werden, und zwar ist der jetzt durch die Erregung hervorgerufene Strom nach den Reizelectroden hin gerichtet. Die Ursache liegt im Electrotonus durch die Reizströme, welcher zwar wie diese abwechselnd gerichtet ist, aber in Folge des Ueberwiegens der anelectrotonischen Ströme (**46**) die bezeichnete resultirende Wirkung giebt.

46.

Der electrotonische Strom.

Die Vorrichtung in der feuchten Kammer ist wie in **10**, jedoch wird der Nerv mit zwei beliebigen Puncten an die unpolarisirbaren Electroden gelegt, und die beiden Zinkdrähte möglichst nahe an die abgeleitete Strecke herangerückt. Die Zinkdrähte sind nicht mit dem Absperrschlüssel des Inductionsapparates, sondern mit einem einfachen Kettenkreise mit Schlüssel und Stromwender in Verbindung. Man nimmt zweckmässig eine vielgliedrige Kette mit Schaltvorrichtung, und beginnt mit einem einzigen Element.

Die abgeleitete Strecke wird in der Regel stromlos sein. Giebt sie eine Ablenkung, ist sie z. B. mit Längs- und Querschnitt abgeleitet, so wird dieselbe compensirt. Man sieht nun bei Schliessung des Kettenstromes eine Ablenkung, welche eine Wirkung des Nerven in gleichem Sinne wie die Richtung des Kettenstromes anzeigt. Diese Wirkung ist bei mehrgliedriger Kette ungemein stark. Sie ist ferner, wenn die abgeleitete Strecke sich auf der Anodenseite des Stromes befindet, sehr viel stärker als auf der Cathodenseite, und nimmt im ersteren Falle beständig zu, im letzteren ab. Zu diesen Beobachtungen eignet sich die aperiodische Spiegelboussole sehr viel besser als der Multiplicator.

In einer zweiten Versuchsreihe wird bei gleichbleibender Stromstärke der Abstand zwischen durchströmter und abgeleiteter Strecke variirt, und constatirt, dass die electrotonischen Wirkungen mit zunehmendem Abstande rasch abnehmen.

Endlich wird bei kräftigem Electrotonus der Nerv mittels einer schon vor der Beobachtung angelegten Fadenschlinge zwischen durchströmter und abgeleiteter Strecke unterbunden, wodurch die electrotonischen Wirkungen beseitigt werden.

47.

Physiologischer Nachweis der electromotorischen Erscheinungen.

a. Nachweis des Demarcationsstromes.

1. durch indirecte Reizung (sog. „Zuckung ohne Metalle"). Ein Froschschenkel mit Nerv, wie in **5b** präparirt, wird auf eine Porzellanplatte gelegt, der Nerv mit einem beinernen Häkelhaken erfasst und möglichst plötzlich mit einer Stelle seines Verlaufs auf den Achillessehnenspiegel gelegt. Zuweilen entsteht dabei eine Zuckung, nämlich wenn der Sehnenspiegel zufällig durch Hautsecret oder dgl. etwas angeätzt war (**43**). Nimmt man diese Anätzung absichtlich vor, so erhält man die Zuckung sicher.

Ebenso erhält man kräftige Zuckungen, wenn man den Schenkel erfasst und den herabhängenden Nerven plötzlich Schliessungen zwischen Längs- und Querschnitten der Muskelstümpfe des Oberschenkels herstellen lässt.

[Bei diesem Anlass kann passend die ursprüngliche Form des Galvani'schen Versuches (die sog. „Zuckung mit Metallen") ausgeführt werden. Hierzu dient ein eisernes Galgenstativ, welches das Geländer des berühmten Balkons von Galvani nachahmt. An der Querstange des Galgens hängt ein kupferner Haken. Das „Galvani'sche Präparat" wird so hergestellt, dass der Frosch wie in **5b** bis einschliesslich zur Enthäutung der Hinterbeine präparirt wird; jetzt aber geht man mit dem stumpfen Scheerenblatt zwischen den Beckenknochen und den beiden Plexus ischiadici quer hindurch, und durchschneidet die ersteren zweimal, nämlich hart an der Hüfte und hart am letzten Lendenwirbel, und nimmt das Beckenstück fort. Jetzt hängt man das Präparat mittels des Wirbels am Kupferhaken auf, so dass die Schenkel an den Plexus hängen. Das Präparat bleibt in Ruhe. Setzt

man es aber in leichte Schwingungen, so zuckt es sehr stark bei jeder Berührung der verticalen Eisenstäbe mit den Füssen; die Zuckungen erneuern oft die Schwingungen und Berührungen, so dass das Spiel eine Zeit lang selbstthätig fortgeht.]

2. durch directe Reizung. Man präparirt einen Sartorius, und hängt ihn in umgekehrter Richtung mittels seiner schmalen Kniesehne an einem Stativ auf. Dem breiten, jetzt unteren Ende giebt man einen Querschnitt. Jetzt nähert man vorsichtig von unten her ein Tiegelchen oder Uhrgläschen voll 0,2-procentiger Salzsäure[1]), und lässt das untere Muskelende plötzlich eintauchen. Es entsteht eine kräftige Zuckung. Der Versuch lässt sich, wenn man den anhängenden Tropfen mit Fliesspapier beseitigt, öfters wiederholen, ein Beweis, dass es sich nicht um chemische Reizung handelt.

Das für Vorlesungen gebräuchliche Mittel, diese Zuckung dadurch sichtbarer zu machen, dass man die Mitte des Muskels an einem leichten Fahnenhebel angreifen lässt, ist für das Practicum entbehrlich. Beiläufig sei bemerkt, dass das gewöhnliche Verfahren, den Muskel mit dem Hebel zu durchbohren und dann die Fahne anzukleben, lästig ist, und den Muskel leicht zerrt. Mein Apparat ist so eingerichtet, dass das Fahnenhebelchen seitlich an den Muskel angehakt wird.

b. Nachweis des Actionsstromes und der negativen Schwankung.

1. durch indirecte Reizung. Man macht zwei Präparate wie in **5 b**, legt den Nerven des einen auf Reizelectroden, den des zweiten der Länge nach auf den Unterschenkel des ersten. Bewirkt man, z. B. durch einen Inductionsschlag, eine Zuckung des ersten Schenkels, so zuckt der zweite mit (secundäre Zuckung); versetzt man den ersten in Tetanus, so wird auch der zweite mit tetanisirt (secundärer Tetanus). Diese Erscheinungen sind kräftiger, resp. treten schon bei

---

[1]) Auf Grund einer Titrirung herzustellen; vgl. **118**.

schwächeren Reizen auf, wenn der Gastrocnemius des ersten Schenkels am Sehnenspiegel angeätzt ist (über die Ursache vgl. **44**).

2. durch directe Reizung. Am einfachsten dient hierzu die in **35** betrachtete Erscheinung an vertrocknenden Froschmuskeln. Die dort erwähnte Erstreckung der Contraction auf nicht direct mechanisch gereizte Muskeln lässt sich anscheinend nicht anders als durch directe Wirkung der Actionsströme der Muskeln auf die anliegenden Muskeln erklären, zumal die Erscheinung zu einer Zeit, wo die Nerven nicht mehr auf die Muskeln wirken, und ausserdem auch an curarisirten Präparaten auftritt.

Reiner tritt die directe secundäre Muskelcontraction an einem frischen Sartorius auf, den man in der Mitte quer durchschneidet, und dessen beide Hälften man mit den Querschnittsenden eine Strecke weit auf einander legt, und mit der Kühne'schen Klemme zusammenpresst. Reizung der einen Hälfte bewirkt Mitzuckung der anderen.

c. Nachweis des Electrotonus und der negativen Schwankung des Nerven (secundäre Zuckung vom Nerven aus).

Legt man an den Nerven eines Unterschenkels einen zweiten Nerven so an, dass beide etwa 1 cm lang mit ihren freien Enden zusammenliegen, und reizt man das freie Ende des zweiten Nerven, so sieht man oft den Schenkel zucken, resp. in Tetanus gerathen, und zwar nicht etwa durch Stromschleifen, denn die Contraction bleibt aus, wenn der Nerv des Schenkels unterhalb der Anliegestelle unterbunden wird. Die Ursache dieser „secundären Zuckung vom Nerven aus" ist zuweilen das Hereinbrechen des electrotonischen Stromes des gereizten Nerven in den zweiten, meist aber die negative Schwankung; denn die Erscheinung tritt auch bei mecha-

nischer Reizung ein, und ist von der Entfernung der Reizstelle unabhängig, dagegen von der Erregbarkeit beider Nerven sehr abhängig.

48.

Nachweis des Demarcationsstromes mit dem Telephon.

In den Kreis des von Längs- und Querschnitt abgeleiteten Demarcationsstromes eines Muskels bringt man statt des Galvanometers ein Telephon, und ausserdem ein in einem entfernten Zimmer aufgestelltes Unterbrechungsrad. Das Telephon ist, wie sonst das Galvanometer, durch einen Absperrschlüssel abgesperrt. Wird das Unterbrechungsrad gedreht, so hört man bei offenem Absperrschlüssel ein Geräusch; man überzeugt sich, dass dasselbe ausbleibt, wenn die Electroden statt des Muskels sich gegenseitig berühren, oder wenn von letzterem in unwirksamer Anordnung (**41**) abgeleitet wird. Man kann auf diesem Wege auch den Muskelstrom nach dem Gehör compensiren, ferner das Auftreten eines Geräusches beim Tetanisiren des Muskels im Compensationszustande, ebenso die Abnahme des Geräusches durch Tetanisiren ohne Compensation nachweisen.

Verbindet man die ableitenden Electroden ohne Unterbrechungsrad mit dem Telephon, so kann man beim Tetanisiren die Actionsströme direct zu hören suchen. Jedoch gelingt dieser Versuch nur mit sehr empfindlichen Telephonen, mit denen man am besten beide Ohren bewaffnet; ferner sind Stromzweige des tetanisirenden Inductionsstromes sorgfältig auszuschliessen (durch möglichst schwache Reizung); eine Controlle liefert die Unterbindung des Nerven unterhalb der Reizstelle, welche mit dem Tetanus auch das Geräusch zum Schweigen bringen muss. Auch für unipolare Inductionswirkungen ist das Telephon höchst empfindlich, solche daher sorgfältig auszuschliessen (**9 m**).

49.

Untersuchung mit dem Capillarelectrometer.

Ein Capillarelectrometer kann man sich selbst folgendermassen anfertigen. Ein Glasrohr von etwa 4 mm lichtem Durchmesser und 30—40 cm Länge wird zunächst vor der Lampe nahe einem Ende zu einem Faden ausgezogen und das abgezogene Ende weggenommen. Hierauf sucht man dicht an dem Ende des weiten Rohrtheils den Faden noch viel feiner auszuziehen, wozu man eine ganz kleine Spiritusflamme benutzt; die Rohrstelle darf nur eben weich werden, und man muss dann sofort rasch abziehen. Ist der Faden so fein, dass er biegsam ist wie eine dünne Borste, so biegt man zunächst das zweite Rohr etwa 5 cm vom Faden rechtwinklig um, und giebt endlich auch dem Faden etwa 2 cm vom weiten Rohr eine rechtwinklige Biegung in entgegengesetzter Richtung (s. Fig. 16); diese Biegung erlangt man,

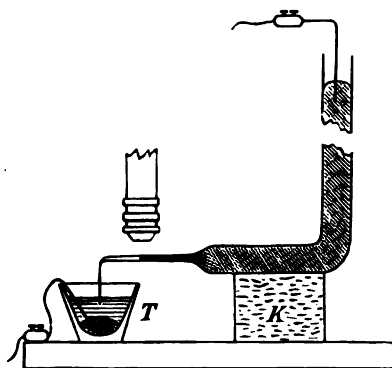


Fig. 16.

indem man die Capillare horizontal hält, und an der angegebenen Stelle für einen Augenblick mit der Flamme eines Zündholzes berührt, so dass das Fadenende senkrecht herab-

sinkt; letzteres wird dann etwa 2 cm unter dem Knie abgeschnitten.

Auf eine Glasplatte von 10—11 cm Länge und 4 cm Breite kittet man an einem Längsende einen Kork *K* und am anderen ein Porzellantiegelchen *T*, beide von gleicher Höhe. Dem Kork kann man oben mit einer Rundfeile eine seichte longitudinale Kerbe geben. In letztere kittet man den die Capillare tragenden Theil des Gasrohres ein, so dass die erstere horizontal liegt und mit ihrem verticalen Ende in das Tiegelchen hineinragt. In das Tiegelchen bringt man etwas Quecksilber und auf dasselbe 10—20-procentig verdünnte englische Schwefelsäure. Das Glasrohr wird von oben her ebenfalls mit Quecksilber gefüllt, welches in die Capillare ein wenig eindringt. Es gilt nun, den Druck des Quecksilbers vorübergehend so zu steigern, dass es die ganze Capillare erfüllt und im Tiegelchen ausfliesst, um beim Nachlass des Druckes die Capillare mit der Säure zu füllen. Die Drucksteigerung kann man meist einfach dadurch erreichen, dass man an das obere Rohrende einen dickwandigen Gummischlauch ansetzt, das Ende desselben fest zuhält, und nun den Schlauch rückwärts in kräftigen Knickungen verengt. Statt dessen kann man auch in den Schlauch mit einer guten Spritze Luft hineintreiben, oder auch den Schlauch, mit einem Trichter versehen, aufrichten und mit Quecksilber füllen, welches man nachher wieder ausfliessen lässt. Das Instrument ist brauchbar, wenn die Grenze zwischen Quecksilber und Säure in dem freien horizontalen Theil der Capillare liegt. Durch Herauspipettiren resp. Zugiessen von Quecksilber kann man diese Grenze etwas hin und her verlegen.

Schliesslich werden sowohl in das Quecksilber der Röhre als in dasjenige des Tiegelchens mit einer leichten Drahtklemme versehene Platindrähte versenkt. Der Draht für das Tiegelchen kann schon vorher angebracht und auf der Glasplatte verkittet werden.

Die Glasplatte wird nun auf den Objecttisch eines gewöhnlichen Microscops, dessen Tubus hoch hinaufgezogen ist, gestellt, und kann mit einem gewöhnlichen Objectglashalter fixirt werden. Dem Tubus giebt man ein schwaches Objectiv (3 Hartnack) und ein Ocular mit Micrometer. Man stellt so ein, dass die Capillare in der Gegend der Quecksilbergrenze scharf gesehen wird und sich mit der Micrometertheilung deckt.

Die beiden Drahtklemmen des Instruments werden mit einem Absperrschlüssel verbunden, der nach jeder Beobachtung wieder geschlossen wird, weil nur Kurzschluss des Instrumentes die Einstellung auf die Nulllage sichert.

Jeder durch das Instrument geleitete Strom bewirkt durch Polarisation der Quecksilberkuppe, an der er eine grosse Dichte hat, eine Veränderung der Capillaritätsconstante, und somit eine Aenderung der Depression. Das Quecksilber weicht zurück durch Cathoden- (Wasserstoff-) Polarisation, also durch einen von der Säure zum Quecksilber gehenden Strom. Entgegengesetzt, aber weniger exact, wirkt die entgegengesetzte Polarisation und Stromrichtung. Man zieht daher die erstere Richtung vor.

Die Polarisation entwickelt sich sofort zu einem den Strom vollkommen annullirenden Betrage, wie man an einem gleichzeitig eingeschalteten Galvanometer constatiren kann. Das Instrument wirkt daher automatisch compensirend, und misst also nicht Stromstärken, sondern Potentialdifferenzen (electromotorische Kräfte). Da die Polarisation nicht über 2 Volt (die ungefähre Polarisation an wasserzersetzenden Electroden) steigen kann, so werden kräftigere Ströme nicht mehr compensirt, sondern zersetzen das Wasser und heben durch die Gasblasen die Leitung im Instrumente auf. Zur Vorsicht lässt man am besten niemals Spannungen von mehr als 1 Volt auf das Instrument wirken.

Die am Micrometer abgelesenen Ablenkungen sind zwar ein Maass der electromotorischen Kräfte, aber kein proportio-

nales, sondern wachsen langsamer als letztere. Man kann die Scala empirisch graduiren, oder durch mechanische Zurückführung der Quecksilberkuppe (mittels einer an einer Scala gleitenden Füllkugel) die erforderlichen Drücke messen, welche den electromotorischen Kräften proportional sind.

Nach Oeffnung des durchgeleiteten Stromes schwindet die Polarisation des Quecksilbers nur träge, die Kuppe geht langsam zurück. Durch Kurzschluss aber (s. oben) vollzieht sich die Depolarisation mittels ihres Eigenstromes augenblicklich (**3**).

Mit dem Capillarelectrometer kann man die Demarcationsströme von Muskeln, bei empfindlichen Instrumenten[1]) auch von Nerven, leicht beobachten, auch ihre Kraft messen.

Besonders geeignet ist das Instrument zur Beobachtung der Actionsströme eines schlagenden Froschherzens. Man schneidet dem getödteten Frosche das Herz mit dem Sinus aus (s. **80**), legt dasselbe in der feuchten Kammer auf das umgestürzte Becherglas (**41**), und leitet mit Thonspitzen von zwei Puncten, z. B. Basis und Spitze der Kammer, ab. Die Electroden sind mit dem Absperrschlüssel verbunden. Bei Oeffnung desselben sieht man meist rhythmisches Hin- und Hergehen der Quecksilberkuppe, herrührend vom Alterniren der Actionsstrom-Maxima an beiden Ableitungspuncten. Oft ist das Instrument für den Versuch nicht empfindlich genug. Eine weit grössere und auch bei geringerer Empfindlichkeit sehr deutliche Wirkung erhält man dagegen, wenn man die Phase der Spitze durch Abschneiden derselben zum Verschwinden bringt (vgl. **44**), und die Spitzenelectrode an den künstlichen Querschnitt anlegt. Man hat jetzt einen Demarcationsstrom, der bei jeder Pulsation eine starke negative Schwankung zeigt.

---

[1]) Für die Empfindlichkeit ist wesentlich äusserste Feinheit der Capillare und möglichste Kürze der mit Säure gefüllten Strecke derselben.

50.

Haut- und Secretionsströme.

Ein Stück Froschhaut wird zwischen die Electroden gebracht, indem man dasselbe zunächst mit der Aussenfläche auf die eine Thonspitze legt und um dieselbe herumbiegt, und dann die andere Thonspitze an die Innenfläche anlegt. Man beobachtet einen starken von der Aussenfläche durch die Haut zur Innenfläche gerichteten („einsteigenden") Strom. Die Messung der electromotorischen Kraft (**42**) ergiebt einen geringeren Werth als beim Demarcationsstrom des Muskels; die Intensität ist trotzdem wegen des geringen Widerstandes sehr gross.

Wird ein Hautstück in gesättigte Kochsalzlösung gelegt, oder auf der Aussenseite damit bepinselt, und dann abgespült, so zeigt es sich ganz oder annähernd stromlos.

Um die Wirkung von Nervenreizungen auf die Haut zu beobachten, kann man folgende Methoden anwenden.

1. Man macht ein Präparat aus unenthäutetem Unterschenkel und Ischiadicus, amputirt den Fuss, schlitzt die Unterschenkelhaut an der Vorderseite auf, und zieht sie bis zum Knie vom Unterschenkel ab, welchen man zuletzt dicht unter dem Knie amputirt. Man legt die Haut in der soeben vorgeschriebenen Art auf die Electroden, compensirt den Ruhestrom und tetanisirt den Nerven, wobei ein Strom auftritt, welcher bei starkem Ruhestrom meist aussteigend, bei schwachem einsteigend, oder einsteigend mit aussteigendem Vorschlag ist.

2. Man tödtet einen Frosch durch Abschneiden des Vorderkopfes und Einführung des Abfängers in den Wirbelcanal zur Zerstörung des Hirnrestes und des Rückenmarks. (Hierbei erfolgt regelmässig ein Schrei bei Zertrümmerung des Kopfmarkes.) Man isolirt dann die Rückenhaut durch zwei longitudinale und zwei quere Schnitte, und schlägt sie

von beiden Seiten her nach innen zurück, mit sorgfältiger Schonung der dünnen in die Haut eintretenden Nerven. Endlich wird derjenige Theil der Wirbelsäule und Umgebung, von welchem diese Nerven ausgehen, vom Froschkörper abgetrennt. Das Präparat besteht also aus einem Stück Froschrücken, der Rückenhaut und den dünnen Verbindungsnerven. (Die Ränder des Hautlappens, soweit sie von den Nerven sehr entfernt sind, werden abgeschnitten.) Man bringt nun auf die Glasplatte der feuchten Kammer (**41**) ein Thonlager in Gestalt einer 2 cm hohen Wand, breitet die Haut mit ihrer Aussenfläche auf derselben aus, so dass die Medianlinie der First entspricht, und legt die Spinalleiste auf 2 Zinkelectroden, welche mittels ihres Stativs (**5c** und **6**) über dem Präparat schweben, ohne die Nerven zu zerren. Man legt dann eine Thonspitze der Röhrenelectroden an das Thonlager, die andere an die Innenfläche der Haut, compensirt den Ruhestrom, und reizt tetanisch. Meist zeigt sich ein kräftiger, in der Haut einsteigend gerichteter, also dem Ruhestrom gleichsinniger Secretionsstrom, zuweilen mit negativem Vorschlag, seltener ein rein aussteigender Strom.

51.

Secretionsstrom beim Menschen (du Bois'scher Willkürversuch).

Man befestigt mittels zweier eiserner Stative (Retortenklemmen) ein Rundholz von etwa 3 cm Durchmesser und 40—50 cm Länge horizontal 8 cm über der Tischplatte und stellt unter demselben 2 Tröge mit Zinksulphatlösung auf, in welche amalgamirte Zinkplatten tauchen; letztere sind mit dem Galvanometer verbunden. Man umfasst nun das Holzstück mit beiden Händen so, dass die Zeigefinger oder Zeige- und Mittelfinger in die Lösung tauchen, compensirt den etwa vorhandenen Strom, und contrahirt dann kräftig und anhaltend

die Muskeln des einen Arms. Bei den meisten Menschen zeigt sich dann ein einsteigender Secretionsstrom der Haut auf der angestrengten Seite, d. h. ein in dem betreffenden Arm aufsteigender Strom. (Dass dieser Strom ein Secretionsstrom ist und mit den Muskeln Nichts zu thun hat, lässt sich sehr sicher durch den entsprechenden Versuch am curarisirten Hunde zeigen. Leitet man von beiden Hinterpfoten ab, so zeigt sich bei Tetanisiren eines Ischiadicus auf der gereizten Seite ein einsteigender Strom, welcher nach Atropinisirung ausbleibt.)

52.

Messung von Widerständen.

a. Wheatstone'sches Theorem. Dem aus beliebigen Leitern zusammengesetzten Kreise *ABCD* Fig. 17 seien die

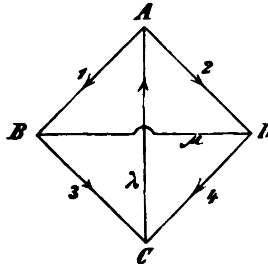


Fig. 17.

beiden brückenartigen, sich aber nicht berührenden Leiter *AC* (λ) und *BD* (μ) angelegt. Soll eine in λ vorhandene electromotorische Kraft e in μ keinen Strom hervorbringen, d. h. $i_\mu = 0$ sein, so müssen die Widerstände der Abtheilungen 1 und 2 sich verhalten wie diejenigen der Abtheilungen 3 und 4.

Beweis. Nach dem 1. Kirchhoff'schen Satz (**5a**) ist, da $i_\mu = 0$ sein soll,

$$i_1 = i_3 \text{ und } i_2 = i_4.$$

Ferner ist nach dem 2. Kirchhoff'schen Satze, da $i_\mu w_\mu = 0$,

$$i_1 w_1 - i_2 w_2 = 0 \text{ und } i_3 w_3 - i_4 w_4 = 0,$$

also

$$i_1 w_1 = i_2 w_2$$
$$i_1 w_3 = i_2 w_4.$$

Dividirt man die erste dieser Gleichungen durch die zweite, so erhält man

$$\frac{w_1}{w_3} = \frac{w_2}{w_4} \text{ oder } w_1 : w_2 = w_3 : w_4.$$

Auch hier ist es nützlich, den Satz noch auf andere Art abzuleiten. Stellt (Fig. 18) *PQ* die Potentialdifferenz der Puncte *A* und *C* der Fig. 17 dar, ferner *PR* den Widerstand der Strecke

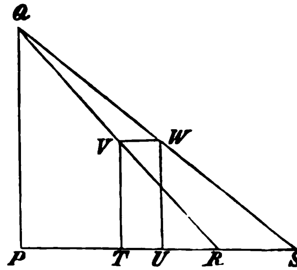


Fig. 18.

ABC, und *PS* den Widerstand der Strecke *ADC*, so ist die Linie *QR* das Potentialgefälle in *ABC*, und *QS* dasjenige in *ADC*. Schneidet man nun von den beiden Widerständen *PR* und *PS* proportionale Stücke ab, z. B. *PT* und *PU*, so sieht man sofort, dass an deren beiden Endpuncten *T* und *U* gleiche Potentiale herrschen ($TV = UW$), eine Verbindung zwischen diesen Endpuncten also stromlos bleiben muss.

b. Anwendung zu Messungen. Ist *AB* (Fig. 19) ein Draht von gleichmässiger Dicke, so dass die Widerstände seiner Abtheilungen den Längen proportional sind, ist ferner zwischen *A* und *D* der unbekannte Widerstand *x*, zwischen *B* und *D* der bekannte Widerstand *w* eingeschaltet, ist ferner

CD eine Drahtleitung, in welche ein Galvanometer *G* eingeschaltet ist (der Contact *C* ist längs *AB* verschiebbar)[1]), so braucht man nur den Puncten *A* und *B* den Strom des Elementes *E* zuzuführen (durch Schliessung des Schlüssels *F*), um das System der Fig. 17 zu haben. Es entspricht nämlich *CD* der Leitung μ, *AEB* der Leitung λ, *AC* 1, *BC* 2, *AD* 3, *BD* 4. Verschiebt man also *C* so lange, bis das Galvanometer *G* keinen Strom in *CD* anzeigt, so ist $x : w = AC : BC$.

Für die practische Anwendung zu Widerstandsmessungen sind folgende Puncte zu beachten:

1. Da der Versuch das Verhältniss der ganzen Widerstände zwischen *A* und *D* und zwischen *B* und *D* bestimmt, so muss der Widerstand der Verbindungsdrähte der Apparate *x* und *w* mit den Klemmen *A*, *D* und *B* entweder besonders gemessen sein, oder gegen denjenigen von *x* und *w* verschwinden (letzteres ist in der Regel der Fall).

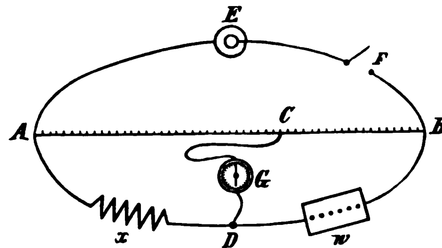


Fig. 19.

2. Durch Rechnung lässt sich zeigen, dass die Bestimmung um so genauer wird, je näher der Mitte des Drahtes *AB* der Schieber *C* am Schlusse der Bestimmung steht, d. h. je näher der Widerstand in *w* demjenigen in *x* kommt. Man ermittelt daher zunächst durch einen Vorversuch mit beliebigem Widerstande in *w* den Widerstand von *x*, und wiederholt dann die Bestimmung, nachdem man *w* auf einen

---

1) Man verwendet zweckmässig denselben Draht wie in **41.**

dem von x möglichst nahekommenden Widerstand gestöpselt hat.

3. Soll die Bestimmung möglichst genau sein, so muss schon bei geringer Abweichung vom Compensationszustande das Galvanometer eine erhebliche Ablenkung zeigen. Da AB jedenfalls eine Art Kurzschluss des Elementes darstellt, so geht überhaupt nur ein kleiner Theil des Stromes durch G, und offenbar cet. par. um so weniger, je grösser die Widerstände x und w. Das Galvanometer muss also um so empfindlicher sein, a) je kürzer und dicker der Messdraht AB[1]), b) je grösser die zu messenden Widerstände. Für Messungen an thierischen Theilen nimmt man am besten dasselbe Instrument wie für Versuche über thierische Electricität, also Multiplicator oder Spiegelboussole mit vielen Windungen. Wie bei allen Compensationsmethoden ist Aperiodicität sehr werthvoll.

4. Die gebräuchlichen Stöpselrheostaten sind vielfach nach Siemens'schen Einheiten graduirt; zur Umrechnung in Ohm ist das Resultat mit 1,06 zu dividiren.

5. Für häufige Widerstandsmessungen ist statt der Ausrechnung der Gebrauch einer Tabelle empfehlenswerth, welche für jeden mm der Theilung von AB direct das Verhältniss von x zu w angiebt, d. h. für 1 m Länge und Theilstrich n mm den Werth $\frac{n}{1000-n}$; solche Tabellen (die man sich leicht herstellen kann) sind in physikalischen Hilfsbüchern enthalten; die abgelesene Zahl ist dann nur mit dem Widerstand w zu multipliciren. Zu beachten ist, dass dann x stets dem Null-Ende der Theilung anliegen muss.

c. Ausführung von Messungen an Drähten. Zur Uebung werden zweckmässig die Widerstände primärer

[1]) Die in physiologischen Instituten gebräuchlichsten Messdrähte sind 1 m lange Platindrähte, deren Widerstand etwa 2,5 Ohm beträgt (der sog. „lange Compensator").

und secundärer Inductionsrollen bestimmt. Bei jeder Messung ist die Temperatur zu notiren.

Controliren kann man zur weiteren Uebung die Messungen, indem man gemessene Widerstände hinter- oder nebeneinander schaltet, und abermals misst. Im ersteren Falle muss sich die Summe $(w_1 + w_2 + \ldots)$ ergeben, im letzteren ist, wenn φ den Gesammtwiderstand bezeichnet, $\frac{1}{\varphi} = \Sigma \frac{1}{w}$, also bei 2 Widerständen:

$$\varphi = \frac{w_1 w_2}{w_1 + w_2},$$

bei 3 Widerständen:

$$\varphi = \frac{w_1 w_2 w_3}{w_1 w_2 + w_1 w_3 + w_2 w_3}, \text{ u. s. w.}$$

d. *Messungen an thierischen Theilen.* Hier sind jedesmal zuerst die Widerstände der Electroden für sich zu bestimmen, und nachher in Abzug zu bringen. Bei Röhrenelectroden verschwindet der durch die verschiedene Innigkeit der Thonspitzenberührung verursachte Fehler, wenn Nervenwiderstände gemessen werden, über welche sonst Nichts zu bemerken ist, als dass die Rheostatwiderstände hier relativ klein zu sein pflegen; man kann sich aus ausgezogenen ⊓ Röhren, welche mit Zinksulphatlösung gefüllt in Tröge mit derselben Lösung und amalgamirten Zinkdrähten tauchen, Hilfswiderstände herstellen und aichen.

Längs- und Querwiderstand von Muskeln. Für die blosse Constatirung genügt folgendes einfache Verfahren. Auf eine Glasplatte werden 2 Bäusche aus 4 fach zusammengelegtem Fliesspapier gelegt; jeder bildet ein Quadrat von etwa 5 cm Seite. Sie werden mit 0,6 procent. Kochsalzlösung getränkt, mässig ausgedrückt und so auf die Platte gelegt, dass sich die Ränder der letzten Umfalzung berühren. Auf die (bezeichnete) Mitte jedes Papierstückes wird die Thonspitze einer Röhrenelectrode gesetzt, und der Widerstand des Sy-

stems gemessen. Dann wird aus einem Sartorius ein von zwei Querschnitten begrenztes Quadrat geschnitten, die Papierbäusche auseinandergerückt, der Zwischenraum abgetrocknet, und das Muskelquadrat sorgfältig einmal longitudinal, einmal transversal dazwischen gelegt, und jedesmal nach Aufsetzen der Thonspitzen der Widerstand gemessen. Wird von beiden Resultaten der Widerstand des Zuleitungssystems (s. oben) in Abzug gebracht, so zeigt sich der Querwiderstand 6—10 mal so gross wie der Längswiderstand. An starren Muskeln sind beide gleich.

Widerstand des menschlichen Körpers. Annähernde Bestimmungen, bei denen Alles von Hautbeschaffenheit und Berührungsgrösse abhängt, lassen sich durch Eintauchen der Hände in Zinksulphattröge, in welche amalgamirte Zinkplatten eintauchen, anstellen; der Electrodenwiderstand für sich wird so gemessen, dass man beide Tröge durch einen amalgamirten Zinkblechbügel verbindet.

e. Widerstandsmessung mit Wechselströmen. Dieses Verfahren, welches für die Widerstandsmessung an Electrolyten wichtig ist, und auch physiologisch für gewisse Fragen in Betracht kommt, ersetzt die Kette *E* der Fig. 19 durch die secundäre Spirale eines mit Wagner'schem Hammer spielenden Inductoriums, und das Galvanometer *G* durch ein Telephon mit Schlüssel als Nebenschliessung. Das Verfahren ist unbrauchbar, wenn der zu messende Widerstand Selbstinduction hat, z. B. bei gewöhnlichen Drahtspiralen. Der Inductionsapparat muss, um nicht direct gehört zu werden, in einem entfernten Zimmer stehen (wie in 48). Der Schieber *C* wird so lange verschoben, bis die Stelle gefunden ist, bei welcher das Telephon schweigt. Die Nebenschliessung zum Telephon ist das beste Mittel, um über leises Surren oder Ruhe zu entscheiden.

Zur Uebung wird diese Methode z. B. zur Messung eines Muskel- oder Nervenwiderstandes benutzt. Das Verfahren ist im Uebrigen das früher angegebene. In der Regel findet

man keine punctförmige Schweigestelle, sondern eine gewisse Strecke, in welcher das Geräusch am wenigsten hörbar ist; die Mitte dieser Strecke nimmt man zum Ausgangspunct der Berechnung.

f. Froelich'sches Theorem. Beim Wheatstone'schen Verfahren wird streng vorausgesetzt, dass das Leitersystem ausser der Kraft in λ (Fig. 17) keine electromotorische Kraft enthält. In der That würde z. B. die Widerstandsmessung an einem mit Längs- und Querschnitt eingeschalteten Muskel ein falsches Resultat liefern, weil der Muskel, wenn er an Stelle von x (Fig. 19) angebracht ist, durch seinen Demarcationsstrom das Galvanometer ablenken würde (allerdings mit der Nebenschliessung CBD zum Galvanometer, und ausserdem mit der Nebenschliessung $AEBD$ zum Muskel, sobald F geschlossen wird).

Nun lässt sich aber zeigen, dass, wenn an beliebigen Stellen des Systems der Figur 17 electromotorische Kräfte vorhanden sind, in μ also Strom vorhanden ist, eine in λ angebrachte hinzukommende Kraft auf den Strom in μ ohne Einfluss bleibt, wenn das Wheatstone'sche Verhältniss der Widerstände besteht, d. h. wenn $w_1 : w_2 = w_3 : w_4$.

Beweis. Schon folgende einfache Betrachtung genügt. Wir haben gesehen, dass bei stromlosem System der Fig. 17 eine in die Diagonale λ eingeführte Kraft auf die Diagonale μ ohne Einfluss bleibt, wenn $w_1 : w_2 = w_3 : w_4$. Da aber stationäre Ströme sich stets einfach auf einander superponiren, d. h. die Wirkungen jeder Kraft auf jeden Theil des Systems so sind, als wenn nur diese Kraft allein vorhanden wäre, so muss (so lange $w_1 : w_2 = w_3 : w_4$) die Wirkungslosigkeit der Kraft in λ auf μ auch dann bestehen bleiben, wenn beliebige andere Kräfte im System, und in Folge derselben ein beliebiger Strom in μ vorhanden ist. — Der directe rechnerische Beweis ist folgender. Fig. 20 stelle dieselbe Leitercombination dar, wie Fig. 17, jedoch sei die Leitung AC (λ) noch offen; sie ist daher weggelassen. Ferner seien $e, e_1 \ldots e_4$ beliebige electromotorische Kräfte von den durch die beistehenden

Pfeile angegebenen Richtungen. Diese Kräfte werden Ströme hervorbringen, welche durch die auf die Linien gesetzten Pfeilspitzen angedeutet sind; ist dann die Intensität in $BD = i$, und

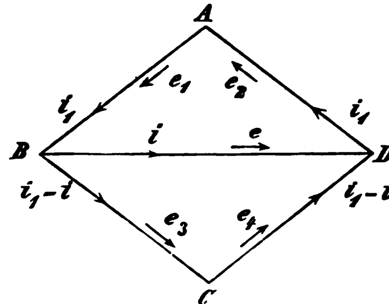


Fig. 20.

in DA und $AB = i_1$, so ist sie nach dem 1. Kirchhoff'schen Satze in BC und $CD = i_1 - i$. Der 2. Kirchhoff'sche Satz ergiebt dann offenbar (wenn w, $w_1 \ldots w_4$ etc. die Widerstände der Stücke sind, welche die Kräfte e, e_1 etc. enthalten):

1) $$i_1 (w_1 + w_2) + i w = e + e_1 + e_2,$$
2) $$(i_1 - i)(w_3 + w_4) - i w = e_3 + e_4 - e.$$

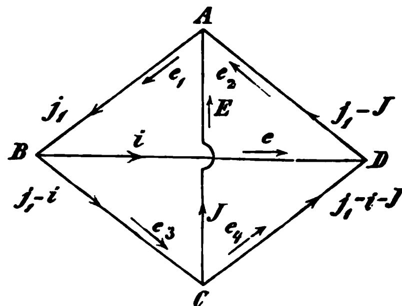


Fig. 21.

Wird jetzt A und C durch eine Leitung (λ) verbunden, welche den Widerstand W und die Kraft E hat, so entsteht Fig. 21, in welcher die nunmehrige Intensität in AB mit j_1 bezeichnet ist.

Die Intensität in BD (μ) soll unbeeinflusst, d. h. $= i$ bleiben. Nach dem 1. Kirchhoff'schen Satze ist dann die Intensität: in AD $j_1 - J$, in BC $j_1 - i_1$ und in CD $j_1 - i - J$. Der 2. Kirchhoff'sche Satz ergiebt dann, auf die Kreise $BADB$ und $BCDB$ angewendet:

3) $$j_1 w_1 + (j_1 - J) w_2 + iw = e_1 + e_2 + e,$$

4) $$(j_1 - i) w_3 + (j_1 - i - J) w_4 - iw = e_3 + e_4 - e.$$

Aus 1) und 3) folgt:

5) $$i_1 (w_1 + w_2) = j_1 (w_1 + w_2) - J w_2,$$

und aus 2) und 4) ebenso:

6) $$i_1 (w_3 + w_4 = j_1 (w_1 + w_4) - J w_1.$$

Durch Elimination von J aus 5) und 6) folgt endlich

7) $$\frac{w_1 + w_2}{w_2} = \frac{w_3 + w_4}{w_4}$$

oder

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{w_3}{w_4};$$

d. h. ein Strom in AC lässt denjenigen in BD unverändert, wenn $w_1 : w_2 = w_3 : w_4$. Ganz allgemein also sind die Diagonalströme eines Leiterkreises auf einander ohne Einfluss, wenn die Widerstände der 4 Abschnitte in dem angegebenen Verhältniss stehen.

Man kann also auch, wenn das System an sich nicht stromlos ist, nach demselben Verfahren wie sonst Widerstände vergleichen und messen; nur muss dann der Schieber C (Fig. 19) so lange verschoben werden, bis die bereits vorhandene Ablenkung des Galvanometers G durch Schliessung des Schlüssels F nicht beeinflusst wird. Da aber ein bereits weit abgelenktes Galvanometer entweder zur Beobachtung unbrauchbar (z. B. das Spiegelinstrument durch Verschwinden der Scala aus dem Gesichtsfelde des Fernrohrs) oder doch wenigstens weit weniger empfindlich ist, so reducirt man die bei offenem Schlüssel F vorhandene Ablenkung, wenn sie gross ist, durch eine zweite an G angebrachte Drahtspule, in welche man einen Strom von geeigneter Stärke und Richtung sendet („Differentialgalvanometer").

Auf diese Weise kann man z. B. leicht den Widerstand eines Daniell'schen Elementes bestimmen. Zuweilen kann man das Reductionsverfahren umgehen; z. B. indem man in x zwei Daniell'sche Elemente hinter einander schaltet, aber mit entgegengesetzter Polrichtung; ihre electromotorischen Kräfte heben sich dann nahezu auf, so dass die Ablenkung in G sehr gering ist, und der gefundene Widerstand ist zu halbiren, wenn die Elemente möglichst congruent sind.

II. Versuche an den nervösen Centralorganen.

53.

Das Bell'sche Gesetz am Frosche (J. Müller's Versuch).

Ein grosser Frosch wird unter eine Glasglocke gesetzt, unter welcher zugleich ein mit Chloroform getränktes Schwämmchen liegt. Nachdem das Thier völlig reactionslos geworden ist, wird dasselbe auf einem Froschhalter[1]), auf dem Bauche liegend, festgebunden, und die Rückenhaut in Gestalt eines] gespalten. Der Längsschnitt liegt etwa 1 cm von der Medianlinie, die beiden Querschnitte in der Höhe der unteren Schulterblattenden und an der Beckenknickung. Der Hautlappen wird nach Abtrennung seiner Nerven seitlich umgelegt. Die dicke Längsmusculatur zu beiden Seiten der Dornfortsätze wird abpräparirt, so dass die Wirbelbögen frei liegen. Mit der Spitze einer feinen J. Müller'schen Knochenzange[2]) wird zunächst ein Wirbelbogen rechts und links quer durchtrennt und das so abgeschnittene Stück herausgehoben und abgelöst. Durch Verschieben der Zangenspitze in longitudinaler Richtung ist es jetzt leicht, auch die übrigen Bögen der 5 untersten Wirbel zu beseitigen, so dass die an ihren Kalkeinlagerungen und ihrer medianen Vene erkennbare Dura

---

[1]) Am besten eine mit Löchern zum Durchziehen von Bindfäden versehene Porzellanplatte.

[2]) Die schneidenden Enden der Zange müssen sehr schlank gebaut sein. Recht brauchbar ist die in Petzold's (Leipzig) Verzeichniss von 1897, Fig. 54 abgebildete Zange.

mater zu Tage liegt. Die Blutungen werden durch kalte feuchte Schwämmchen gestillt.

Nach Entfernung der Dura mit einer spitzen oder lanzenförmigen Nadel sieht man die grau pigmentirte Pia mater, und auf derselben longitudinal liegend jederseits 4 hintere Wurzeln, in von der Seite betrachtet dachziegelartiger Anordnung der Ursprünge; die unterste ist sehr dünn. Mit einem sehr kleinen Häkchen werden die einzelnen Wurzeln der einen Seite vorsichtig abgehoben und durchschnitten. Weit schwieriger ist die auf der anderen Seite vorzunehmende Durchschneidung der 4 vorderen Wurzeln. Hierzu muss das Rückenmark mittels des Häkchens vorsichtig etwas nach der schon operirten Seite gezogen und gleichzeitig etwas torquirt werden; man sieht dann die vorderen Wurzeln in der Tiefe des Wirbelcanals erscheinen. Wiederum muss jede einzelne mit dem Häkchen in die Höhe gehoben und durchschnitten werden. Jede dieser Durchschneidungen bewirkt eine Zuckung in einer Muskelgruppe des gleichseitigen Hinterbeines. Wenn man nicht die in einer Längslinie liegenden Austrittsstellen der Wurzeln stets im Auge behält, läuft man Gefahr, auch vordere Wurzeln der anderen Seite zu durchschneiden, was man — zu spät — daran erkennt, dass Zuckungen im anderen Beine erfolgen.

Nach Vollendung der Operation wird der Hautlappen wieder in seine Lage gebracht, und durch etwa 6—7 Nähte befestigt. Hierauf lässt man den Frosch unter einer feuchten Glocke bis zum anderen Tage ruhen.

Ist die Operation gut ausgeführt, so findet man den Frosch in gewöhnlicher Weise sitzend, nur ist das Bein, dessen vordere Wurzeln durchschnitten sind, nicht angezogen, und wird beim Hüpfen des Thieres nachgeschleppt; es ist gelähmt. Man überzeugt sich ferner, dass es gegen Druck, Säureätzung u. dgl. empfindlich ist, d. h. Abwehr- und Fluchtbewegungen auslöst, an welchen es selbst nicht Theil nimmt. Das andere, motorisch nicht gelähmte Bein ist dagegen unempfindlich.

Die beste Prüfung der Empfindlichkeit geschieht bei trägen Thieren durch Inductionsströme mittels eines Nadelelectrodenpaares (siehe 82), wobei man natürlich die local erregten Muskelcontractionen nicht mit Reactionsbewegungen verwechseln darf. Das unempfindliche Bein bleibt ebenfalls leicht in jeder ihm ertheilten Lage liegen („sensomotorische Lähmung"), wird aber bei Reflexen und Sprungversuchen des Thieres angezogen, resp. gestreckt.

54.

Der Brondgeest'sche Tonusversuch.

Einem Frosche wird, nach einseitiger Oeffnung des Beckens von hinten her (25), der Plexus ischiadicus durchschnitten. Hängt man jetzt den Frosch mittels eines an der Nasenspitze angreifenden Hakens oder durchgezogenen Fadens an einem galgenartigen Stativ auf, so sieht man, nachdem die Spontanbewegungen zur Ruhe gekommen sind, das Bein der operirten Seite in allen Gelenken schlaffer herabhängen als das andere, so dass die äusserste Zehenspitze tiefer hängt.

Durchschneidet man einem Frosche statt des Plexus ischiadicus nur die hinteren Wurzeln einer Seite (53), so ist der Erfolg derselbe; der nachgewiesene Tonus ist also ein reflectorischer.

55.

Die functionelle Selbstständigkeit des Rückenmarks.

a. Ein Frosch wird geköpft und eine Zeit lang gewartet, ehe man die folgenden Proceduren vornimmt. Man beobachtet, dass der Rumpf sehr bald die gewöhnliche sitzende Stellung einnimmt. Kneipen der Haut in der Aftergegend wird mit einer flüchtenden Streckung beider Hinterbeine beantwortet. Auftupfen von etwas verdünnter Essigsäure auf eine Seite der unteren Rückenhaut führt zu lebhaften Wisch-

bewegungen des gleichseitigen Hinterbeins, wobei zugleich der Rumpf sich nach der gereizten Seite biegt, und das Hinterbein der anderen Seite durch Streckung stützend wirkt. Zerstört man das Rückenmark durch Eingehen mit dem Abfänger (5 b), so liegt der Körper in jeder Lage schlaff da, und macht keinerlei Abwehrbewegungen.

b. Durchschneidet man bei einem Frosche das Centralorgan hinter dem Grosshirn, indem man ein Scalpell in der graden Verbindung der beiden vorderen Trommelfellränder quer durch die Schädeldecke senkrecht einführt, bis es auf die Schädelbasis auftrifft, und mit demselben hebelnde Bewegungen in der Ebene der Klinge nach beiden Seiten ausführt, so kann man nachher constatiren, dass jede Berührung und namentlich jedes sanfte Streichen der oberen Rückengegend mit den Fingern den Frosch zum Quaken bringt. Der Reflex ist besonders energisch bei Männchen (erkennbar an den starken Daumenballen und bei Esculenten an den Schallblasen).

56.

Wirkung der Lobi optici auf die Rückenmarksreflexe.

Einem chloroformirten Frosche (**53**), welcher auf dem Bauch liegend aufgebunden ist, wird ein ⊥ förmiger Schnitt durch die Kopfhaut gemacht, so dass der Querschnitt in der Höhe der hinteren Trommelfellränder liegt, und die beiden Hautlappen zurückgezogen. Die Schädelkapsel wird mit der Müller'schen Zange (**53**) eröffnet; man sieht die beiden Grosshirnhemisphären und unmittelbar hinter ihnen die beiden grauen kugligen Lobi optici. Mit einem schmalen Scalpell wird das Grosshirn von den Lobi abgetrennt, und aus dem Schädel herausgenommen. Nach einer längeren Pause wird der Frosch (wie in **54**) an einem Galgenstativ aufgehängt, so dass die Zehenspitzen etwa 10 cm über der Grundplatte hängen. Man säuert ein Quantum Wasser so stark mit

Schwefelsäure an, bis es kräftig sauer schmeckt, bringt die Lösung in ein kleines Becherglas, stellt ein langsam (etwa Secunden) schlagendes Metronom auf und taucht im Augenblick eines Schlages einen Fuss in das von unten her genäherte Säureglas, von 0 ab die Schläge zählend, bis zum Fussgelenk ein. Nach einer Anzahl Schläge zieht der Frosch den Fuss aus der Säure, worauf man sofort die benetzte Extremität in einem bereit gehaltenen Glase mit Wasser abspült. In Pausen von etwa 1—2 Minuten wiederholt man den Versuch, und sieht nach, ob die Zeit zwischen Eintauchen und Reflex annähernd constant ausfällt. Hierauf streut man eine kleine Menge äusserst fein gepulverten Kochsalzes auf die Schnittfläche der Lobi optici und wiederholt abermals den Versuch; der Reflex tritt beträchtlich später oder gar nicht ein. Dann werden die Lobi optici ebenfalls abgeschnitten und nach gehörigem Warten der Versuch abermals wiederholt; die Zeit ist jetzt wieder kurz, ja kürzer als im Anfang. Die verkürzende Wirkung der Abtrennung der Lobi constatirt man besser an einem zweiten, ebenso präparirten Frosch, bei welchem die Kochsalzreizung nicht vorgenommen wird.

57.

Summation der Rückenmarksreize zum Reflex.

Einem Frosche, dessen Gehirn durch einen Querschnitt (wie in **55 b**, aber etwas tiefer) vom Rückenmark abgetrennt ist, werden zwei dünne Drähte in etwa 1 cm Abstand um das Fussgelenk geschlungen, und mit dem Absperrschlüssel der secundären Spirale des Inductionsapparates verbunden. Man ertheilt dem Frosche bei einem mässigen Rollenabstande Oeffnungs-Inductionsschläge, die Schliessungsschläge mit dem secundären Schlüssel abblendend; der Rollenabstand muss so gewählt werden, dass einzelne Schläge keinen Reflex auslösen. Lässt man jetzt die Schläge nach dem Metronom in

kurzen regelmässigen Intervallen folgen, so tritt nach einer bestimmten Anzahl von Reizen der Reflex ein. Man kann sich überzeugen, dass diese Zahl sowohl bei frequenterer als bei stärkerer Reizung kleiner wird, und bei noch stärkerer schon ein einzelner Schlag genügt.

58.

Verschluss der vier Hirnarterien (Kussmaul-Tenner'scher Versuch).

An einem chloralisirten Kaninchen (über Chloralisirung s. **90**) werden die beiden Carotiden am Halse blosgelegt, und nach unten verfolgt, indem man vorsichtig das Bindegewebe und Fett wegräumt. Es ist leicht die beiden Arterien bis zu ihrem Ursprung aus dem Truncus anonymus zu verfolgen. Die Subclavia dextra entspringt meist mit der Carotis dextra in gemeinsamem kurzem Stamm aus dem Truncus anonymus. Weit schwieriger ist die Aufsuchung der Subclavia sinistra, welche neben dem linken Vagus eine Strecke weit ziemlich steil aufsteigt. Man unterbindet beide Subclaviae, und kann nun durch Zuklemmen der Carotiden die bekannten Krämpfe mit Pupillenerweiterung hervorbringen, und durch frühzeitige Freigebung des Verschlusses wieder verschwinden lassen. Macht man die Zuklemmung im apnoischen Zustande (**113**), so ist die erste Wirkung Auftreten von Athembewegungen, welche vor Ausbruch der Krämpfe dyspnoischen Character annehmen.

59.

Exstirpation des Grosshirns bei der Taube.

Man lässt eine junge Taube 24 Stunden kein Wasser geniessen (die Blutungen werden dann geringer). Zum Versuche wickelt man das Thier so in ein Handtuch, dass nur der Kopf frei bleibt, und entfernt auf dem Scheitel die Federn. Hierauf chloroformirt man das Thier, indem man es in eine

schmale Glocke hineinhält, in welcher an einem durch den Verschlusskork gehenden Drahte ein mit Chloroform getränktes Schwämmchen befestigt ist. Sobald der Kopf zu sinken beginnt, hört man mit der Chloroformirung auf, und erneuert dieselbe nöthigenfalls während der Operation.

Letztere beginnt mit einem transversalen Hautschnitt und Wegziehen der Haut nach vorn und hinten mit stumpfen Haken, welche von Assistenten oder durch beschwerte Bindfäden gehalten werden. Sobald der Schädelknochen blosliegt, trägt man mit einem Scalpell durch Flachschnitt soviel auf einer Seite vom Knochen ab, bis die Schädelhöhle eröffnet ist. Dann erweitert man die Oeffnung mittels der Müller'schen Zange (53) bis nahe an die Medianlinie, und nach vorn, hinten und seitwärts, bis die ganze Convexität der Hemisphäre freigelegt ist. Dasselbe macht man auf der anderen Seite. Jetzt durchschneidet man die noch stehende mediale Knochenbrücke vorn und hinten und entfernt sie; die hierbei stets auftretende Blutung wird durch kalte Schwämme und äussersten Falls durch mit Eisenchlorid getränkte und getrocknete Penghawar-Djambi[1]) gestillt. Nach Beseitigung der Dura zieht man nun das Grosshirn vorsichtig mit einem schmalen Scalpellstiel von dem Kleinhirnwulst ab, bis in der Tiefe die Pedunculi zum Vorschein kommen; diese werden mit einem schmalen Scalpell durchschnitten und das Grosshirn unverletzt herausgenommen. Die Blutung ist oft unbedeutend; ist sie beträchtlicher, so verschliesst man die Schädelöffnung mit einem Läppchen, welches man angedrückt hält, bis das die Höhle erfüllende Blut geronnen ist. Zuletzt wird die Haut über die Oeffnung gezogen und mit dichten Suturen vernäht.

Man lässt das operirte Thier bis zum folgenden Tage in vollkommener Ruhe. Bleibt es am Leben, so kann man

---

1) Wollige Baumfarren-Spreuhaare aus Sumatra, welche mit Eisenchlorid getränkt sehr schnell eine blutstillende Kruste bilden.

sich nun von dem bekannten Verhalten solcher Thiere überzeugen. Die Fütterung muss künstlich vollzogen werden.

60.

Reizung der motorischen Rindenbezirke beim Hunde. Hirnbewegungen.

Der Hund wird auf dem Bauche aufgebunden und durch Injection von Morphiumhydrochlorat in die Jugularvene narcotisirt (die hierzu nöthige Operation s. unter **93**). Der Kopf wird in einem Cowl'schen Halter befestigt, und auf dem Scheitel nach Scheeren und Rasiren einer Schädelhälfte ein medialer Hautschnitt gemacht. Die Haut wird nach einer Seite abpräparirt, ebenso der Hautmuskel, so dass der Temporalis, von seiner Fascie bedeckt, blosliegt. Derselbe wird auf der Scheitelhöhe vom Schädel abgetrennt und mit flachen Messerschnitten von seiner Insertionsfläche gelöst, so dass der Schädel blosliegt. Man macht nun mit einem Handtrepan eine runde Oeffnung im vorderen Theile, aber nicht ganz am vorderen Ende der Fossa temporalis, nahe der Medianlinie (trepanirt man zu weit nach vorn, so öffnet man leicht die Stirnhöhle). Beim Trepaniren wird zuerst der Dorn des Trepans einige Millimeter über die Ebene der Trepankrone vorgeschoben und so befestigt. Nachdem die Krone gut eingeschnitten hat, zieht man den Dorn zurück. Das Trepaniren geschieht unter mässigem Druck, mit hin- und hergehenden rotirenden Bewegungen. Der Schutzring des Trepans muss mehr oder weniger Sägefläche frei lassen, je nachdem der Hund gross oder klein, alt oder jung ist. Ab und zu überzeugt man sich durch Einführen eines Scalpells von der Tiefe des Einschnitts, und zwar an der ganzen Circumferenz desselben. Ist der Einschnitt überall fast durchgedrungen, so fasst man das Knochenstück am practischsten mit einem gewöhnlichen Nagelbohrer, den man in das im Centrum befindliche, vom Dorn des Trepans gemachte Bohr-

loch etwas einschraubt; mit dem so gewonnenen Griff kann man das runde Knochenstück leicht heraushebeln. Blutungen treten bei der ganzen Operation nur ausnahmsweise ein.

Die nun freiliegende Dura mater pflegt durch Liquor cerebrospinalis etwas vorgewölbt zu sein. Sie ist schwer mit einer Pincette, leichter mit einem Häkchen zu fassen; man zieht sie an, und schneidet sie mit einer feinen Scheere fort, wobei reichlich klarer Liquor ausfliesst. Beim Fassen und Einschneiden der Dura zeigt der Hund trotz der Narcose meist starke Schmerzäusserungen, obwohl die Membran im ganz frisch blosgelegten Zustande unempfindlich zu sein scheint. Die nun freiliegenden Hirnwindungen gestatten dem Geübten bereits sich über die Lage des Sulcus Rolandi und des Gyrus sigmoideus zu orientiren.

[Ehe man weiter geht, benutzt man diese Gelegenheit, um die Hirnbewegungen zu beobachten, und auch aufzuschreiben, was sehr leicht ist. Man erkennt als Hauptbewegung inspiratorisches Einsinken und exspiratorisches Anschwellen (beides venösen Ursprungs), sieht aber meist schon ohne Weiteres daneben deutliche Pulsationen im Tempo des Herzschlages (arteriellen Ursprungs). Zum Aufschreiben genügt für die Zwecke des Practicums Verschluss der runden Oeffnung durch einen guten Kork, in welchem ein Glasröhrchen steckt. (Den Kork kann man vorräthig halten, da die Oeffnung immer dieselbe Grösse hat.) Das Rohr wird durch einen nicht zu langen Gummischlauch mit einem Pantographen verbunden, welcher am Kymographion schreibt. Ausgiebiger werden die Excursionen, wenn man in das Glasrohr vorher physiologische Kochsalzlösung einfüllt, und auch den Schlauch grösstentheils mit dieser Flüssigkeit füllt.]

Man erweitert nun die Schädelöffnung mit einer starken Knochenzange, soweit nöthig, um den Gyrus sigmoideus und einen Theil der angrenzenden dritten Centralwindung genügend frei zu legen, wobei eine Abbildung oder ein Wachsmodell des Hundegehirns oder ein Trockenpräparat

eines solchen gute Dienste leistet. Der Schädelöffnung entsprechend wird auch die Dura weiter weggenommen.

Zur Reizung bedient man sich ähnlicher Electroden, wie die in 82 angegebenen; jedoch ist es zweckmässig, wenn dieselben nicht mit scharfen Nadeln, sondern geknöpft endigen (Platindrähte mit kugelig abgeschmolzenen Enden, allenfalls auch Karlsbadernadeln, mit dem scharfen Ende an die Leitungsdrähte gelöthet). Man kann Schliessungen und Oeffnungen constanter Ströme, oder auch Inductionsströme (mit grossem Rollenabstande beginnend) benutzen; letzteres ist bequemer.

Vor der Reizung wird der Hund mit Ausnahme des Kopfes losgebunden. Man sucht die Reizbezirke für die einzelnen Muskelgruppen auf (derjenige für die Facialismuskeln liegt nicht im Gyrus sigmoideus, sondern mehr nach aussen, in der dritten Centralwindung), und überzeugt sich von der durchweg gekreuzten Wirkung und von dem Modus der Bewegungen.

Am Schlusse kann man durch Verstärkung der Reizung einen epileptischen Anfall hervorrufen. Derselbe beginnt auf kurze Reizung meist erst nach längerem Latenzstadium, ergreift zuerst die zum gereizten Bezirk gehörigen Muskeln, dann aber, und mit zunehmender Heftigkeit, alle Muskeln beider Seiten, bei starker Pupillenerweiterung.

III. Versuche an den Sinnesorganen.

61.

Messung der Hornhautkrümmungen mit dem Ophthalmometer.

An beiden Enden einer etwa 1 m langen Holzschiene mit aufgeklebter Millimetertheilung wird je eine kleine Glühlampe angebracht, und beide in den Kreis einer passenden Kette oder eines Accumulators mit richtigem Vorschaltwiderstand eingeschaltet, sammt einem Schlüssel. Die Schiene wird in ihrer Mitte an einem eisernen Stativ so eingeklemmt, dass sie sich horizontal und vertical stellen lässt. Das Ophthalmometer wird möglichst nahe der Mitte der Schiene im Dunkelzimmer aufgestellt. Die Versuchsperson sitzt dem Ophthalmometer in einem Abstande von 2—3 Metern gegenüber und ihr Kopf wird in einem soliden Kopfhalter mit Zahnbrettchen[1]) unverrückbar angebracht. Das Ophthalmometer wird zunächst bei horizontaler Schienenstellung benutzt, und seine Plattenkammer so orientirt, dass die Platten sich um eine verticale Axe drehen. Die Versuchsperson fixirt die Mitte des groben Fadenkreuzes am Apparat; damit dasselbe erkennbar ist, wird das Zimmer nicht völlig verdunkelt; man

---

[1]) Das Zahnbrettchen ist eine stiefelknechtförmig ausgeschnittene Holzplatte, auf deren Ausschnitt die Zähne passen; man beisst dieselben in einen weichen Siegellacküberzug des Ausschnittrandes ein.

lässt etwa über dem Kopfe des Beobachteten eine Gasflamme brennen. Man dreht nun, nach genauer Einstellung des Fernrohrs, die Platten so, dass die Doppelbilder der beiden hellen Puncte im Auge genau um ihren Abstand auseinanderweichen, so dass drei Puncte sichtbar werden, liest die Drehungswinkel beider Platten, welche annähernd gleich sind, mittels des Nonius ab, und nimmt aus beiden Werthen das Mittel.

Zur Berechnung der Bildgrösse, d. h. des gegenseitigen Abstandes der beiden Hornhautbildchen, dient die (an der Tafel abzuleitende) Formel

$$x = 2h \cdot \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\cos\beta},$$

worin h die Dicke der Glasplatten, α der abgelesene Drehwinkel, β der zu α gehörige Brechungswinkel ($\sin\beta = \frac{1}{n} \sin\alpha$), zu dessen Berechnung man das Brechungsverhältniss n des Plattenglases kennen muss. Die Dicke h ist mit einem guten Dickenmesser leicht zu ermitteln. Die Grösse n ermittelt man am einfachsten, indem man das Instrument auf eine sehr genaue Millimetertheilung richtet, und die Drehwinkel α für Verschiebung der Doppelbilder um 1, 2, 3 mm feststellt. Drückt man in obiger Formel β durch α aus, so erhält man

$$x = 2h\sin\alpha\left(1 - \frac{\cos\alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}}\right),$$

welche Gleichung, für n gelöst, ergiebt

$$n = \frac{\sin\alpha}{2h\sin\alpha - x}\sqrt{4h^2 + x^2 - 4hx\sin\alpha}\,.$$

Nachdem auf diese Weise n ermittelt ist (hat man n für $x = 1, 2, 3$ mm ermittelt, so nimmt man aus den berechneten Werthen das Mittel), lässt sich x für jedes α berechnen. Hat man eine grössere Anzahl von Ophthalmometermessungen auszuführen, so berechnet man sich am besten eine Tafel, welche für jeden Werth von α direct das zugehörige x ergiebt,

und welche man nach den bekannten Interpolationsregeln benutzt.

Der Krümmungsradius der Hornhaut r ist leicht zu berechnen, wenn die Grösse des Objectes, d. h. der Abstand beider Glühlämpchen, und die Entfernung desselben, d. h. der Schienenmitte vom Hornhautscheitel, gemessen ist. Nennt man erstere a, letztere d, und ist x die ophthalmometrisch bestimmte Bildgrösse, so ist

$$r = \frac{2\,d\,x}{a - x}\,.$$

Bestimmt man ebenso, indem man Lampenschiene und Ophthalmometerkopf um 90° dreht, den Krümmungsradius im verticalen Meridian, so findet man fast immer einen anderen (meist kleineren) Werth, und hat so den Astigmatismus des Auges festgestellt.

Hier kann die Feststellung und Messung des Astigmatismus mit dem Placido'schen Keratoscop eingeschaltet werden.

62.

Betrachtung des Netzhautbildes.

Am einfachsten dient hierzu der möglichst frische Augapfel eines albinotischen Kaninchens, dessen Sehnervenstumpf und Muskelansätze sauber abpräparirt werden. Zur Handhabung dient am besten ein kurzes Glasrohr, etwa von der Weite eines Probirglases, in welches das Auge ohne Druck gerade hineinpasst. Aussen wird das Rohr mit schwarzem Papier überklebt. Man steckt das Auge, Hornhaut nach aussen, in das eine Rohrende, und sieht durch das andere hinein, während man das Rohr gegen ein Fenster richtet.

Schöner sieht man die vom Auge gelieferten Bilder an einem frischen Rindsauge, in dessen Sclera man am hinteren Augenpol eine etwa 1 cm grosse runde Oeffnung einschneidet;

innerhalb derselben wird die Chorioidea (Tapetum) und die Netzhaut ebenfalls entfernt, so dass der Glaskörper freiliegt. Auf denselben drückt man einen Objectträger, hebt mit demselben das Auge empor, und richtet es gegen ein Fenster.

63.

Scheiner'scher Versuch.

In ein dünnes Kartenblatt sticht man in 1 mm gegenseitigem Abstande mit einer Stecknadel zwei nicht allzu enge Löcher, hält dieselben dicht vor das Auge und betrachtet durch dieselben die Spitze einer Präparirnadel, welche vertical zur Verbindungslinie beider Löcher gehalten wird. Die Spitze erscheint doppelt, wenn die Nadel näher als der Nahepunct, oder entfernter als der Fernpunct gehalten wird. Durch drei Löcher, welche ein Dreieck bilden, erscheint die Spitze 3 fach. Der Versuch wird zweckmässig auch objectiv mittels einer optischen Bank mit einer starken Convexlinse angestellt; als Object dient eine Gasflamme, als Diaphragma eine schwarze Pappscheibe oder ein Blech, mit Löchern von etwa 5 mm Durchmesser.

64.

Verkleinerung der Zerstreuungskreise durch Verkleinerung der Strahlenbündel.

Durch eine einzige dicht vor das Auge gehaltene Oeffnung in einem Kartenblatt sieht man eine Schrift, welche weit näher als der Nahepunct, oder ferner als der Fernpunct gehalten wird, noch scharf, wenn auch lichtschwach. Auch dieser Versuch eignet sich vortrefflich zur objectiven Darstellung.

65.

Wirkung des Lichtes, der Accommodation, der Convergenz auf die Pupille.

Die einfachen Beobachtungen bedürfen keiner näheren Angabe.

66.

Weite der Pupille im Dunkeln.

Im Dunkelzimmer wird vor der Verdunkelung eine photographische Camera auf das Auge einer durch einen Kopfhalter fixirten Person eingestellt. Ferner wird eine Magnesium-Blitzlichtlampe so aufgestellt, dass der Blitz das Gesicht gut beleuchtet, und die möglichst kleine Spirituszündflamme durch einen grossen Schirm verdeckt. Hierauf wird das Zimmer völlig verdunkelt. und nach einer Viertelstunde der Cassettenschieber und der Objectivverschluss geöffnet, dann der Schirm rasch fortgezogen und der Blitz hervorgebracht. Nach sofortigem Verschluss des Apparates wird die Hervorrufung etc. vorgenommen. Vor der Erzeugung des Blitzes muss die Versuchsperson avertirt werden, damit sie die Augen weit offen hält.

Besser als Magnesium-Blitzlicht wirkt, wenn eine solche vorhanden, eine in eine lichtdichte Laterne eingeschlossene Bogenlampe mit optischem Kopf, vor welchem ein photographischer Momentöffner angebracht ist.

67.

Innervation der Iris.

Ueber den Versuch am Sympathicus vgl. 92.

An dem Versuchsthiere, dessen einer Sympathicus durchschnitten ist, kann man einen Erstickungsversuch vornehmen, und sich überzeugen, dass die Pupillenerweiterung nur auf der gesunden Seite eintritt.

Die Durchschneidung des Oculomotorius in der Schädelhöhle ist nur Demonstrations- und nicht Practicum-Versuch.

68.

Purkinje-Sanson'scher Versuch.

Im Dunkelzimmer wird eine Person an einem Kopfhalter festgesetzt (**61**) und vor ihr auf dem Tisch in Augenhöhe zwei Sehzeichen in gerader Linie durch Visiren mit dem zu untersuchenden Auge eingestellt; dieselben bestehen zweckmässig in zwei Acupuncturnadeln mit glänzendem Messingknopf. Ist die Person emmetropisch, so stellt man das eine Sehzeichen etwa 15 cm, das andere etwa 150 cm vom Auge auf. Seitlich und etwas vor dem Auge wird in einem Retortenstativ eine gewöhnliche Paraffinkerze in Augenhöhe aufgestellt, und der Beobachter hält sein Auge auf der anderen Seite symmetrisch zur Kerzenflamme. Es gelingt leicht, die 3 Spiegelbildchen der Kerze, zunächst bei Einstellung des beobachteten Auges auf das entferntere Sehzeichen, zu überblicken. Damit das dritte, kleinste und verkehrte Bildchen, welches dem Beobachter am nächsten liegt, im Pupillenfelde zum Vorschein kommt, darf die Kerze nicht zu weit seitlich stehen. Das mittlere Bildchen ist am lichtschwächsten, und besteht nur aus einem undeutlichen verticalen Streifen. Bei Einstellung auf das nähere Sehzeichen wird dieser Streifen kürzer und heller, und nähert sich dem ersten, der Flamme nächsten Bilde.

69.

Sehpurpur.

Im Dunkelzimmer wird eine Natriumflamme, welche mit dem dem Wild'schen Polaristrobometer beigegebenen Brenner am bequemsten unterhalten werden kann, aufgestellt und bei ihrem Lichte das vorher mindestens 4 Stunden im Dunkeln

gehaltene Thier (Kaninchen, Frosch) getödtet, beide Augen herausgenommen, und die Netzhaut, am besten unter Wasser, herauspräparirt. (Das ausfliessende Blut sieht bei Natriumlicht vollständig schwarz aus, weil die *D*-Linie bei starker Absorption in das Absorptionsfeld des Hämoglobins fällt; vgl. **143.**) Die Netzhäute werden auf eine Platte gelegt und mit einem innen durch Russ geschwärzten umgestürzten Weinglase oder dgl. bedeckt. Im Tageslicht sieht man nun nach Abnahme des Glases die Purpurfarbe der Netzhaut, und kann die Farbenstadien des Ausbleichens verfolgen; die eine Netzhaut wird dem directen Sonnenlichte exponirt.

70.

Purkinje'sche Aderfigur.

a. Im Dunkelzimmer wird vor dem Auge des Beobachters eine Kerzenflamme langsam in einer verticalen und frontalen Kreislinie herumbewegt. Der Beobachter darf die Flamme nicht mit dem Blicke verfolgen, sondern muss ruhig gradeaus sehen, gegen eine möglichst dunkle Fläche. Sehr bald erscheint das Gefässnetz schwarz auf röthlichem Grunde. Alsbald bemerkt man auch die Fovea centralis, um deren Rand der Schatten herumläuft.

b. Im Dunkelzimmer wirft man mit einer in der Hand gehaltenen Convexlinse von etwa 12 Dioptrien und einer hellen Gaslampe einen hellen Brennpunct auf die Sclera des Beobachters auf deren Aussenseite, während das Auge stark nach innen gedreht ist. Sehr bald wird die Aderfigur sichtbar.

c. Die Practicanten werden darauf aufmerksam gemacht, dass sie des Morgens beim ersten Aufschlagen der Augen, auf einer hellen Fläche, gegen welche der Blick gerichtet ist (Zimmerdecke), für einen Augenblick die Aderfigur projicirt sehen.

71.

Trübungen im Glaskörper.

Ein in einem Stativ in Kopfhöhe befestigtes geschwärztes Blech mit einem Ausschnitt für die Nase und einer Stütze für das Kinn hat in Augenhöhe ein feines Loch und vor demselben eine Vorrichtung zum Einsetzen einer Convexlinse von etwa 25 Dioptrien in solchem Abstande, dass ihr Brennpunct ungefähr mit dem Loche zusammenfällt, eine Gaslampe wird in ziemlicher Entfernung so aufgestellt, dass die Strahlen sich in dem Loche schneiden. Der Beobachter bringt sein Auge auf der von der Linse abgewandten Seite so nahe an das Loch, dass dasselbe mit dem vorderen Brennpuncte zusammenfällt (etwa 13 mm Abstand). Im hellen Gesichtsfelde erscheinen dann zahllose dunkle Flecke, weil die Durchleuchtung des Glaskörpers parallelstrahlig ist, jede Trübung also sich als Schatten auf die Netzhaut projicirt.

72.

Brücke's Augenleuchten.

Im Dunkelzimmer wird ein schwarzer verticaler Blechschirm in Augenhöhe vor dem Beobachter aufgestellt, und hinter dem Schirm eine Kerze in einem Stativ ganz nahe dem Rande des Schirms, aber von demselben verdeckt, in Augenhöhe befestigt. Der Beobachtete sitzt dem Beobachter in etwa 2 Meter Abstand gegenüber, richtet den Blick auf dessen Auge, accommodirt aber für die Nähe. Seine Pupillen erscheinen dem Beobachter roth leuchtend.

73.

Beobachtung des Kaninchenauges mit dem Augenspiegel.

Diese Beobachtung hat als Vorübung für die Augenspiegelbeobachtung am Menschen den Vortheil, dass der Augenspiegel und die Hilfslinse befestigt werden können.

Man nimmt am besten ein nicht albinotisches Kaninchen, und atropinisirt zuvor das zu beobachtende Auge. Am geeignetsten ist der Nachet'sche Augenspiegel mit Concavglas Nr. 15 (— $2\frac{1}{2}$ Dioptrien). Die Lampe muss hinter dem im Kopfhalter befestigten Kopfe des Thieres, in gleicher Höhe mit demselben stehen.

Durchschneidung des Trigeminus in der Schädelhöhle ist mehr Vorlesungs- als Practicumversuch.

74.

Durchschneidung der äusseren (horizontalen) Bogengänge bei der Taube.

Wenn man keinen Ewald'schen Taubenhalter zur Verfügung hat, so genügt es, die Taube in ein Handtuch einzuwickeln und nach der Chloroformirung (vgl. 59) den Kopf am Schnabel mit der linken Hand festzuhalten oder von einem Assistenten halten zu lassen. Am Hinterkopf werden die Federn sorgfältig abgeschnitten und in der Gegend des Insertionsrandes der Nackenmuskeln, welchen man durch die Haut hindurch erkennen kann, ein querer Hautschnitt gemacht. Die Musculatur wird unter Schonung der gefässreichen Medianlinie mit dem Scalpell vom Schädel abgetrennt, und mit einem stumpfen Instrumente eine Strecke weit nach unten abgelöst. Stark seitlich erkennt man eine höckerige Hervorragung des Knochens, unter welcher die Kreuzung des äusseren und des hinteren Bogenganges (das sog. grosse Kreuz) liegt, bei jungen Thieren meist sogar durch die dünne äussere Knochenplatte hindurch erkennbar. Durch einen flachen Scalpellschnitt löst man die Kuppe der erwähnten Hervorragung ab, und gewinnt dadurch einen Einblick in das lufterfüllte schwammige Knochengerüst, in welchem die Kreuzung der glatten knöchernen Bogengänge leicht erkennbar ist. Eindringen von Blut aus der Muskel-

wunde in die Knochenhöhle ist sorgfältig zu verhüten. Der innere Theil des horizontalen Bogenganges, vom Kreuz aus gerechnet, ist von keinem Venensinus begleitet, und kann daher mit einer spitzen, nicht zu schwachen Scheere ohne Blutung quer durchschnitten werden. Nachdem diese Operation auf beiden Seiten gemacht ist, wird die Hautwunde durch einige Nähte verschlossen und das Thier befreit.

Meist sieht man schon unmittelbar nach dem Versuch, ebenso gut aber am folgenden Tage, ja nach Wochen und Monaten, das Thier bei jeder Aufregung mit dem Kopfe in horizontaler Richtung hin und her pendeln, und beim Gehen nach rechts oder links abweichen und sich im Kreise drehen.

(Versuche an den übrigen Bogengängen, sowie Exstirpation des ganzen Labyrinthes können nur mit dem vollen Ewald'schen Instrumentarium unter Zuhilfenahme der Westien'schen Lupe mit Sicherheit ausgeführt werden, eignen sich daher weniger für das Practicum.)

75.

Drehreactionen und Drehschwindel.

Man setzt zunächst einen Frosch auf eine Porzellanplatte, bedeckt sie mit einer geräumigen Glocke, und dreht die Platte langsam in ihrer Ebene; der Frosch dreht sich in entgegengesetzter Richtung und behält seine absolute Richtung annähernd bei.

Für die Nachwirkung rascher Drehungen muss man einen gewöhnlichen Centrifugalapparat und einige einfache Vorkehrungen haben. Um ein Kaninchen um seine Längsaxe zu drehen, lässt man sich aus Blech einen Cylinder von $12\frac{1}{2}$ cm Durchmesser und 35 cm Höhe, mit gewulstetem Rande machen, dessen aus einer Messingplatte bestehender Boden so durchbohrt ist, dass man ihn auf die Axenschraube des Centrifugalapparates aufsetzen und mittels der Druckplatte und Mutter festschrauben kann. Man schiebt das

Kaninchen ganz hinein, nimmt es, nachdem es eine Zeit lang rasch rotirt hat, so schnell wie möglich heraus und legt es auf den Fussboden; es wälzt sich sehr schnell im Sinne der vorausgegangenen Drehung.

Ferner setzt man auf den Centrifugalapparat einen Holzkasten von 40 cm Länge, 10 cm Breite und ebensogrosser Höhe, dessen Bodenfläche in der Mitte durchbohrt ist, und welcher durch einen in Charnieren gehenden Deckel mit Löchern und leichtgehender Krampe verschlossen werden kann. In diesen Kasten wird ein Kaninchen hineingelegt, und in Rotation versetzt; die Drehaxe geht sagittal durch die Mitte des Thierkörpers. Das Herausschleudern des Thieres während der Drehung wird durch den Deckel verhindert. Nach der Drehung wird wieder wie oben angegeben verfahren; das Thier dreht sich gleichsinnig, indem es zeigerartig um seine Mitte rotirt.

Auch an Fröschen können ähnliche Versuche mittels einer hölzernen, auf den Centrifugalapparat passenden Scheibe angestellt werden, auf welcher ein mit Schubdeckel versehenes Kästchen radial oder vertical, und zwar über der Axe oder peripherisch befestigt werden kann. Der Frosch wird nach der Drehung in ein grosses Becken mit Wasser geworfen.

Ist ein Drehapparat für Menschen vorhanden, so sind die bei langsamer Rotation und nach derselben auftretenden Schwindel- und Nystagmus-Erscheinungen lehrreich zu beobachten. Besonders stark wird der Schwindel, wenn man nach der Rotation den Kopf, und somit die ihm imprägnirte Schwindelaxe, schräg stellt.

76.

Galvanischer Schwindel und reactive Drehung.

a. Am Kaninchen. An zwei langen dünnen Drähten, welche mit Tauchbatterie, Schlüssel und Stromwender verbunden sind, werden zwei kleine Schwämmchen befestigt und

mit gesättigter Salzlösung getränkt. Dieselben werden in die Ohren eines Kaninchens möglichst tief eingestopft, und mittels zweier kleiner, nicht zu stark federnder Klemmpincetten, welche die Ohrlöffel an der Wurzel fassen, festgehalten. Bei Schliessung des Stromes (10—20 Elemente) wälzt sich das Thier sofort energisch in der Richtung nach der Anodenseite, und ändert beim Umlegen der Wippe die Wälzrichtung; man darf, da die Drähte sich verwickeln, immer nur wenige Touren machen lassen.

b. Am Menschen. Statt der Schwämmchen werden mit den Drähten zwei gepolsterte Lederelectroden verbunden, ebenfalls mit gesättigter Kochsalzlösung getränkt, und vom Beobachteten selbst mittels ihrer hölzernen Hefte an die Processus mastoidei gedrückt. Beim Schliessen des Stromes entsteht ausser Lichtblitzen, Geschmackserscheinungen und Brennen an den Hautflächen Drehschwindel, unter dessen Einfluss die Person den Kopf nach der Anode neigt. Zugleich entstehen nystagmische Augenbewegungen. Beim Oeffnen erfolgt Neigung nach der Cathodenseite. Selbst der Strom von 20 Zink-Kohle-Elementen ist ungefährlich.

77.

Electrischer Geschmack.

Ein Trog wird mit gesättigter Salzlösung, ein anderer mit gewöhnlichem Wasser gefüllt, in jeden eine Platinplatte getaucht, und beide Platten mit einer Tauchbatterie, Schlüssel und Stromwender verbunden. Jeder Beobachter taucht in das Wasser ein streifenförmig zusammengefalztes Stück Fliesspapier, und stellt dasselbe dann so in den Trog, dass es den Rand überragt. Eine Hand in den Salztrog tauchend bringt er dann die Zunge an den Papierbausch. Während der Durchströmung empfindet er sauren Geschmack, wenn die Zungenelectrode Anode ist, im anderen Falle schwach laugen-

haften, zugleich aber am hinteren Zungentheil, wo derselbe andere Mundtheile berührt, meist deutlichen sauren „Gegengeschmack".

78.

Weber'scher Zirkelversuch.

Es ist lehrreich, bedarf aber keiner weiteren Bemerkungen, wenn die Practicanten (bei geschlossenen Augen des Beobachteten) mittels des graduirten und mit Nonius versehenen Stangenzirkels den Durchmesser der Empfindungskreise an verschiedenen Körperstellen bestimmen (am Arm transversal und longitudinal).

IV. Versuche über Herzthätigkeit und Kreislauf.

79.

Beobachtung des Herzschlages am Frosche.

Die Brusthaut eines chloroformirten Frosches (**53**) wird durch einen Lappenschnitt eröffnet, und zur Seite geschlagen. Man sieht das Epi- und Hyposternum (Proc. xiphoideus), beide mit ihren breiten knorpligen Fortsätzen, ferner jederseits zwei in der Medianlinie rippenartig zusammenstossende Knochen, das Claviculare und Coracoideum. Mit dem spitzen Scheerenblatt eingehend durchschneidet man zuerst das Hyposternum an der Wurzel des breiten herzförmigen Knorpels, führt dann auf beiden Seiten das stumpfe Scheerenblatt in longitudinaler Richtung ein, und durchschneidet beiderseits Coracoideum und Claviculare sammt der Musculatur. Den entstandenen, aus Knochen und Muskeln bestehenden Lappen hebt man mit der Pincette auf, und trennt ihn durch einen zweiten Querschnitt ganz heraus (sog. Fensterung des Frosches). Man sieht nur den obersten Theil des Herzens, vom Pericard bedeckt, sowie den Aortenbulbus mit beiden Aorten. Um das Herz völlig bloszulegen, kann man den Xiphoidknorpel ebenfalls herausschneiden und den Herzbeutel spalten und beseitigen.

Zu beiden Seiten des Aortenbulbus erkennt man die pulsirenden Vorhöfe, deren linker hellrothes Blut enthält. Man beobachtet die Succession der Vorhofs- und Kammerpulsationen, und die eigene Pulsation des Aortenbulbus.

Um den Venensinus zu Gesicht zu bekommen, legt man das Herz etwas nach oben um, und sieht dann an den rechten Vorhof anschliessend, durch eine Bindegewebsfuge von ihm getrennt, einen mit demselben dunkeln Blute erfüllten, selbstständig pulsirenden Herzabschnitt.

Man kann die Pulsfrequenz mit der Uhr zählen (88), auch den Puls durch ein aufgesetztes Fühlhebelchen auf dem berussten Kymographioncylinder aufschreiben, was aber besser am ausgeschnittenen Herzen geschieht.

80.

Wirkung der Temperatur auf das Froschherz.

Einem in gewöhnlicher Weise (5 b) getödteten Frosche wird das Herz sammt dem Venensinus ausgeschnitten und dasselbe auf eine dünnwandige Glaskammer, wie sie zu microscopischen Gaswirkungsstudien dient, gelegt. Zwei geräumige Glasbehälter werden auf Tischen erhöht aufgestellt. In jeden derselben taucht ein bis auf den Boden reichendes Heberrohr, an welches ein Kautschukschlauch angesetzt ist; beide Schläuche sind mittels eines Gabelrohres mit einem dritten verbunden, welcher zur Glaskammer führt; auch das zweite Endrohr der letzteren ist mit einem Schlauch versehen, welcher in ein Auffanggefäss hineinhängt. Die Glaskammer ist horizontal, etwas erhöht, in einem Stativ eingeklemmt. Das eine Standgefäss ist mit einer Mischung von Wasser mit Eis oder Schnee, das zweite mit Wasser von 45—50^0 gefüllt. Die beiden Zuleitungsschläuche sind mit kleinen Klemmpincettchen verschlossen. Vor Einfüllung des temperirten Wassers hat man das ganze Hebersystem durch Saugen am Endschlauch mit Wasser von Zimmertemperatur, das in die Standgefässe eingefüllt war, gefüllt, und durch Neigen der Glaskammer die gefangene Luft verdrängen lassen.

Durch Lüften einer der beiden Klemmen kann man nach Belieben kaltes und warmes Wasser durch die Kammer

strömen lassen, und den enormen und ungemein schnellen Einfluss der Temperatur auf die Pulsfrequenz beobachten.

81.

Der Stannius'sche Versuch.

Einem getödteten Frosch wird das Herz blosgelegt (**79**), und ein Ligaturfaden unter demselben zwischen Sinus und rechter Vorkammer durchgeführt. Nach Zuziehung der Ligatur, möglichst genau an der Bindegewebsfuge, sieht man das Herz stillstehen, den Sinus aber weiter schlagen. Berührung des stillstehenden Herzens löst eine Pulsation aus. Der Stillstand pflegt nach längerer Zeit wieder zu vergehen. Trennt man aber während desselben durch einen Scheerenschnitt die Kammer von den Vorkammern, so beginnt erstere sofort zu pulsiren.

82.

Der Vagusversuch am Frosche.

Will man die Wirkungslosigkeit der Vagusdurchschneidung constatiren, so muss man an einem lebenden Frosche, dessen Herz blosgelegt ist, die Vagi präpariren (s. unten) und durchschneiden.

Für den blossen Reizversuch kann der Frosch vorher getödtet werden, ja es genügen die abfallenden Vordertheile der Frösche (**5b**), an deren Schenkeln Versuche gemacht sind.

Beim Frosche ist der Hypoglossus erster Spinalnerv, der Vagus letzter Hirnnerv. Da der Frosch keinen eigentlichen Hals hat, besitzt der Vagus keinen longitudinalen Verlauf wie am Säugethiere, sondern schlingt sich spiralig von hinten und oben um die Brust nach vorn und unten herum. Der Stamm ist äusserst kurz, und theilt sich sofort in drei Hauptäste, den R. glossopharyngeus, welcher dem Nerv. glossopharyngeus der Säuger entspricht, den dünneren

R. laryngopulmonalis, und den wieder ziemlich dicken, etwas grauen R. cardiacus, auf welchen es hier ankommt.

Bei weit geöffneter Brust und abgezogener oberer Extremität erkennt man leicht sofort zwei nach oben zur Kehl- und Zungenmusculatur aufsteigende Nerven etwas oberhalb des dicken runden Nervus brachialis; der stärkere dieser beiden, welcher tiefer unten aus der Achselhöhle herauskommt, ist der Hypoglossus (dessen Durchschneidung eine Zuckung in der Zungenmusculatur hervorbringt), der schwächere, ihm sonst parallel aufsteigende der R. glossopharyngeus, welcher den Anfänger am besten zu den übrigen Vagusästen leitet; dieselben kommen dicht bei diesem Aste, über einen Muskel hinweggehend aus der Tiefe hervor, der R. cardiacus von einem Gefässe bedeckt, und daher beim Fortziehen desselben sichtbar werdend. Mit einer krummen Nadel führt man einen feinen Faden unter ihm hindurch[1]), möglichst nahe dem Ursprung, unterbindet ihn und durchschneidet ihn central von der Durchschneidung, isolirt ihn dann eine genügende Strecke weit durch Scheerenschnitte, unter sehr sanfter Spannung mittels des Fadens.

Mit einem Nadel-Electrodenpaar[2]), das man unter dem Nerven anlegt, tetanisirt man nun den Nerven, zunächst bei grossem Rollenabstande. Der Absperrschlüssel wird während lauten Zählens der Pulsationen auf ein Zeichen von einem

---

1) Beim Durchziehen des Fadens unter einem zarten Nerven hat man Rollung desselben zu vermeiden. Dies geschieht einfach dadurch, dass man die Nadel, das Oehr voran, nur ein wenig unter dem Nerven vorschiebt, dann das kürzere der beiden Fadenenden mit der Pincette erfasst, und vollends durchzieht, während man das andere gespannt hält. Jetzt spannt man das durchgezogene Fadenende, und zieht die Nadel längs des anderen zurück.

2) Ein solches Electrodenpaar stellt man sich etwa folgendermassen her. Zwei Stecknadeln, deren Köpfe abgeschnitten sind, löthet man an Kupferdrähte und zieht letztere durch zwei enge Glasröhren, so dass nur die Nadeln noch herausragen, welche man einkittet. Beide Glasröhren werden dicht an einander gelegt, und durch einen in vielen engen Windungen herumgelegten Bindfaden oder Draht fest mit einander verbunden, und das Ganze, ausser den Nadeln, mit Kitt getränkt.

anderen Practicanten geöffnet und ebenso geschlossen. Während der Reizung ist darauf zu achten, dass nicht etwa der den Nerven haltende Faden, den man am besten kurz abschneidet, Contact mit den thierischen Theilen gewinnt, was Stromschleifen hervorbringen würde. Man wiederholt den Versuch unter jedesmaliger Verkürzung des Rollenabstandes, bis der Erfolg eintritt. Derselbe besteht, solange die Ströme schwach sind, in Verlangsamung, bei stärkeren Strömen in Stillstand des Herzens.

Man beachtet, dass der Erfolg eine Latenzzeit und eine Nachwirkung hat, d. h. dass im Beginn der Reizung noch 1—2 Schläge im alten Tempo erfolgen, und dass nach Aufhören der Reizung der Stillstand noch einige Zeit fortdauert.

Der Stillstand ist ein diastolischer, und man bemerkt, dass das Herz während desselben schlaffer ausgebreitet daliegt, als in der gewöhnlichen Diastole. Jede mechanische oder sonstige Reizung des stillstehenden Herzens löst eine vollständige Pulsation aus.

83.

Wirkung des Atropins und des Muscarins auf das Froschherz.

Träufelt man auf das blosgelegte Herz, dessen Vagus auf einer Seite präparirt ist, etwas von einer 1-procentigen Atropinsulphatlösung, so zeigt sich die eben noch wirksame Vagusreizung erfolglos.

Träufelt man auf ein schlagendes Froschherz eine 1-procentige Muscarinlösung (schon $^1/_{10}$ mgrm Muscarin genügt), so tritt bald ein diastolischer Stillstand mit den Characteren des Vagusstillstandes (82) ein. Träufelt man jetzt Atropinlösung auf, so treten die Pulsationen wieder auf.

84.

Der Goltz'sche Klopfversuch.

Ein Frosch wird auf dem Rücken liegend aufgebunden, und das Herz blosgelegt (nur der obere Theil, siehe **79**, weil sonst das Klopfen leicht Austritt der Baucheingeweide macht). Klopft man nun mit dem Finger in raschem Tempo auf den Bauch, so tritt ein anhaltender Herzstillstand ein. Hat man vorher beide Vagi (Rami cardiaci) durchschnitten, so bewirkt das Klopfen keinen Stillstand.

85.

Beobachtung des Capillarkreislaufes in der Schwimmhaut.

Ein Frosch, am besten eine recht pigmentarme Rana temporaria, wird mit möglichst wenig Curarelösung unbeweglich gemacht, auf eine Glasplatte von etwa 21 cm Länge und 9 cm Breite gelegt (Rücken nach oben), und durch eine über den Rücken gelegte triefende Fliesspapiercompresse oder einen nassen Schwamm recht feucht gehalten. Aus einer Glasplatte von etwa 1 mm Dicke schneidet man sich mit dem Diamanten, oder unter Wasser mit einer ausgedienten Scheere, kleine dreieckige Stücke aus, mit einem spitzen Winkel (von etwa 40^0). Ein solches Glasdreieck schiebt man zwischen zwei Zehen unter die Schwimmhaut, so dass dieselbe in leichter ebener Spannung gehalten wird. Ein ebensolches aus einem Deckglas unter Wasser geschnittenes, recht dünnes Glasdreieck wird auf die Schwimmhaut gelegt. So erhält man, indem man die grosse Platte auf dem Objecttisch des Microscops befestigt, vortreffliche Kreislaufsbilder, zuerst bei schwacher, dann bei starker Vergrösserung.

Der Anfänger muss lernen, im Bilde Arterien, Venen und Capillaren zu unterscheiden. Die Venen haben deutlich dunkleres Blut, und dasselbe bewegt sich von den Zweigen

nach den Stämmen. An den Arterien ist die Richtung die umgekehrte, ausserdem sind oft Pulsationen, sowie die zierliche Ringmusculatur zu erkennen. Die Strömungsgeschwindigkeit in den Capillaren kann mit Ocularmicrometer und Uhr, freilich nur sehr annähernd, gemessen werden.

86.

Beobachtung des Capillarkreislaufes in der Lunge.

Hierzu ist der bekannte Holmgren'sche Apparat unentbehrlich; ferner muss man einen frisch gefangenen kräftigen Frosch (Esculenta) zur Verfügung haben. Zunächst wird einem todten Frosche ein Stück Darm entnommen, ausgewaschen, über das Laryngealröhrchen gezogen, über dessen Riefungen zweimal festgebunden und abgeschnitten. Vorher hat man sich zu überzeugen, dass die Seitenlöcher zwischen den Riefen gut durchgängig sind, ebenso natürlich das Röhrchen selbst.

Dem mit möglichst wenig Curare gelähmten Frosche wird dicht unter der Armwurzel auf einer Seite ein Hautschnitt gemacht, und dann unter Vermeidung jeder Gefässverletzung die Musculatur durchschnitten. Zuweilen gelingt es, ohne künstliche Nachhilfe die luftgefüllte Lunge herauszudrängen. Collabirt sie nicht, so kann man sie ohne Weiteres zwischen die Gläser der Vorrichtung bringen, und unter dem Microscop bei sanfter Abplattung durch das Deckglas beobachten. Meist aber ist es nöthig die Lunge künstlich aufgeblasen zur erhalten. Man öffnet dem Frosche das Maul sehr weit, und sieht hinter der Zunge leicht die longitudinale Spalte des Kehlkopfeinganges. In diese führt man das mit Darm überzogene Röhrchen ein, und befestigt dasselbe mittels eines angelötheten kleinen Ringes[1]), indem man durch

[1]) Dieser kleine, leicht anzubringende Appendix ist sehr nützlich.

diesen und durch die Nasenspitze einen Faden zieht, den man zubindet. Es kommt nun darauf an, die Lunge mässig aufzublasen, den Hahn zu schliessen, und die Lunge zwischen die Gläser zu schieben. Jede zu starke Aufblähung, ferner jeder zu starke Druck in der Bruchpforte hebt den Kreislauf auf. Der Versuch erfordert die grösste Sorgfalt, welche aber durch eins der schönsten Schauspiele glänzend belohnt wird. Der Körper des Frosches ist auch hier triefend nass zu halten (vgl. **85**).

Nach A. Ewald ist der Versuch viel leichter an Tritonen anzustellen; hier genügt einfaches Aufblasen vom Munde her; die Lunge hat keine Tendenz zu collabiren.

Man beachte namentlich die Verzerrungen der Blutkörperchen, wenn sie sich an einem Gefässwinkel fangen, und die vollkommene Elasticität, mit welcher sie nach dem Freiwerden zu ihrer natürlichen Gestalt zurückkehren.

87.

Entblutung eines Frosches.

Der chloroformirte Frosch wird gefenstert (**79**), und unter den beiden Aorten ein Faden durchgeführt, was sehr leicht ist, da dieselben keinerlei bindegewebige Befestigung haben. Hierauf wird die eine Aorta hart am Ursprung mit einer spitzen feinen Scheere geöffnet und in das peripherische Ende eine gläserne geknöpfte Canüle eingeführt und festgebunden, so dass die eine Aorta ganz verschlossen mit eingebunden ist. Die Canüle ist durch einen langen Gummischlauch mit einem Heberrohr verbunden, welches in einem Becherglas steckt, das in einem Ringe hängend an einem hohen Stative auf und nieder verschoben werden kann. Das Becherglas ist mit filtrirter 0,6 procentiger Kochsalzlösung gefüllt, welche man durch Ansaugen auch in den mit einer federnden Klemme verschliessbaren Schlauch eindringen lässt. Gut ist es, die Canüle schon vor Einführung in die Aorta mit dem Schlauch zu verbinden und mit der

Lösung zu füllen, um den Lufteintritt in die Gefässe zu vermeiden. Man lässt nun durch Lüftung der Klemme die Lösung in die Arterien eindringen, zuerst unter mässigem, dann unter stärkerem Druck. Der aufgebundene Frosch wird sammt der Platte in eine Porzellancuvette gelegt, die Platte geneigt liegend. Blut und Spülflüssigkeit fliessen leichter ab, wenn man das Herz ausgiebig öffnet oder abschneidet; dies thut man aber erst, nachdem man es im stark ausgedehnten Zustande beobachtet hat. Nach vollständiger Entblutung (farbloses Abfliessen der Lösung) sind die Muskeln äusserst blass, die Leber rein gelb gefärbt. Man überzeugt sich, dass der blutlose Frosch noch athmet und Reflexe zeigt. An die Entblutung kann man noch den Versuch **32** über Wasserkrämpfe anschliessen.

88.

Bestimmung der Pulsfrequenz am Menschen.

Die Practicanten bestimmen gegenseitig ihre Pulsfrequenz zunächst im Sitzen. Sie werden belehrt, dass die ermittelte Zahl stets mindestens um 1 Schlag unsicher ist, auch wenn man, wie vorzuziehen, den ersten Schlag mit Null benennt. Die Minutenzahl wird also am genauesten ermittelt, wenn man eine ganze Minute hindurch oder noch länger zählt; der Fehler multiplicirt sich mit 6, wenn man nur 10 Secunden, mit 4 oder 2, wenn man 15 resp. 30 Secunden lang zählt.

Die Zahlen werden mit den Namen an die Tafel geschrieben, wobei sich herausstellt, dass — freilich mit erheblichen Abweichungen — im Allgemeinen die längeren Personen langsameren Puls haben.

Hierauf wird der Puls auch im Liegen und im Stehen gezählt, und auch in Kopfstellung, indem man einzelne Practicanten an den Beinen gehalten hängen lässt, und die bekannten Einflüsse der Körperstellung auf die Pulsfrequenz constatirt.

89.

Bestimmung der Pulsfrequenz am Kaninchen.[1])

Ein Kaninchen wird ohne Aufbindung auf den Tisch gesetzt, und mit der linken Hand sanft festgehalten, während die rechte mit Daumen und Zeigefinger das Sternum umgreifend die Herzstösse fühlt. Die Zählung hat wegen der hohen Frequenz für den Anfänger eine gewisse Schwierigkeit. Er muss sich gewöhnen sehr rasch nach Dekaden zu zählen: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 20 u. s. f. Jeder Practicant behält die ermittelte Zahl für sich, oder theilt sie dem Leiter des Curses mit; erst nachher werden die Zahlen verglichen.

Schwieriger, aber ebenfalls eine treffliche Uebung, ist die Zählung mittels der Herztöne. Hierzu muss das Kaninchen auf dem Rücken aufgebunden sein. Das Stethoscop muss richtig aufgesetzt und dann erst das Ohr ohne grossen Druck angelegt werden. Die Practicanten müssen sich üben, von den Herztonpaaren nur je einen Ton zu zählen. Es ist zweckmässig, diese Ermittlung der vorigen vorangehen zu lassen, damit die Frequenz auch nicht ungefähr vorher bekannt ist, oder ein anderes Thier dazu zu nehmen.

90.

Vagusversuch am Kaninchenherzen.

a. Narcotisirung durch Chloralhydrat. Bei diesem Anlass wird zunächst das Chloralhydrat in Krystallen gezeigt, sein Geruch und seine Leichtlöslichkeit in Wasser. Ferner setzt man zu der wässrigen Lösung etwas Natronlauge; sie trübt sich milchig, nimmt deutlichen Chloroformgeruch an, und

---

[1]) Da es sich hier nur um Uebungsversuche handelt, kommen die Umstände, welche es wünschenswerth machen, die Pulsfrequenz aus der Ferne zu beobachten (mittels Luftkissens etc., H. E. Hering), hier nicht in Betracht.

setzt nach einigem Stehen Chloroformtropfen am Boden ab; die Lösung enthält ameisensaures Natron ($C_2HCl_3O + NaHO = CHCl_3 + CHNaO_2$). Zur Narcotisirung benutzt man eine 50-procentige wässrige Lösung, welche jedoch so bereitet wird, dass man 50 g Chloralhydrat abwiegt, in Wasser löst und das Volum auf 100 ccm bringt. Ein Kaninchen braucht zur Narcotisirung je nach Körpergrösse 0,5—1 g. Man injicirt also 1—2 Pravaz'sche Spritzen voll, am besten in die Bauchhöhle.

b. Ausführung des Versuches. Das narcotisirte Thier wird auf dem Rücken liegend aufgebunden. Mit einem Scalpell wird ein longitudinaler Hautschnitt dicht neben der Luftröhre gemacht, in einer Länge von 5—7 cm. Der Hautmuskel wird gespalten und die Wundränder mit Häkchen auseinander gezogen. Man erkennt eine Bindegewebsfuge zwischen dem starken Musc. sternomastoideus (aussen) und dem dünnen sternohyoideus (innen), welche man durch einfaches Auseinanderziehen mit stumpfen Häkchen, oder auf der Hohlsonde spaltet, worauf die hellviolett aussehende pulsirende Carotis und dicht an deren Aussenseite der ziemlich dicke weissglänzende Vagus erscheint. Unter diesem wird ein Faden durchgeführt und der Nerv eine Strecke weit freigelegt.

Am besten ist es, sogleich auch den anderen Vagus in gleicher Weise zu präpariren; in diesem Falle macht man für beide Nerven nur einen Schnitt, in der Medianlinie. Die Hautwunde wird vorläufig mit einer kleinen Klemmpincette (Serre-fine) zusammengehalten, so dass nur die Fäden herausragen.

Jetzt ist die Pulsfrequenz festzustellen, wozu die in **89** angeführten Mittel dienen, oder weil dieselben, wenn sie von jedem Practicanten ausgeführt werden, zu lange Zeit in Anspruch nehmen, die Herznadel. (Andere vollkommnere Verfahren siehe unter **91** und **96**.) Die Herznadel ist eine etwa 4 cm lange, nicht zu dicke, und gut geschärfte Stahl-

nadel mit gläsernem oder metallnem Kopf von etwa 6 mm Durchmesser. Dieselbe wird links dicht am Sternum im 5. oder 6. Intercostalraum senkrecht etwa bis zur halben Länge eingestochen. Ihr Kopf zeigt cardiale und respiratorische Elongationen; sind letztere zu stark gegen erstere, so ist die Nadel herauszuziehen und um einen Intercostalraum höher einzustechen; auch nützt es zuweilen, den Einstich etwas schräg, von links aussen nach rechts innen, vorzunehmen. Ein Weinglas ohne Fuss, oder ein gewöhnlicher Glastrichter wird nun in einem Schellbach'schen Halter eingeklemmt, und dem Nadelkopf so genähert, dass derselbe die Herzschläge durch möglichst gleichmässige Schläge anzeigt; bei geschicktem Ausprobiren findet man meist eine Glockenlage, bei welcher sich die Athmungsexcursionen nicht störend einmischen.

Nach Feststellung der Pulsfrequenz wird zuerst ein Vagus sanft hervorgezogen und möglichst hoch mit scharfer Scheere durchschnitten, und nach abermaliger Zählung ebenso der andere. Jede Durchschneidung erhöht deutlich, wenn auch beim Kaninchen nur unbedeutend, die Frequenz.

Erst jetzt werden die peripherischen Vagusstümpfe mittels der schon bereit liegenden Schlingen hart am Querschnitt unterbunden, und wie beim Frosche mit allmählich steigenden Reizstärken tetanisirt. Schon mässige Reizstärken bewirken so starke Verlangsamung, dass nur in grossen Intervallen eine Pulsation eintritt. Latenzstadium und Nachwirkung sind unvergleichlich kürzer als beim Frosche. Zu absolutem Stillstande reicht meist Reizung eines Vagus nicht aus; man muss beide gleichzeitig reizen, indem man zwei Electrodenträger hintereinander in den secundären Kreis einschaltet.

Nach Excision der freigelegten Vagusstrecken vernäht man die Wunde, und verwendet das Thier, um am folgenden Tage die Vaguspneumonie durch Section festzustellen (siehe **110**).

Im Uebrigen werden die getödteten Kaninchen, sowie andere Warmblüter den Practicanten zur Obduction überlassen, wobei besonders auf Präparation wichtiger Nerven (Sympathicus, Splanchnicus, Laryngei, Phrenicus etc.), aber auch auf die eigenthümlichen Darmverhältnisse, das enorme Coecum, welches die Anfänger meist mit dem Colon verwechseln, die weissen und rothen Muskeln und dgl. Werth zu legen ist.

Frisch getödtete Thiere werden verwendet, um die idiomusculären Wülste (**34**), die Spannung der Lungen (**106**), die Darm- und Ureterbewegung (**125**) zu beobachten etc.

91.

Beobachtung des blosliegenden Herzens am Kaninchen.

Ein Kaninchen wird tief chloralisirt. Man öffnet entweder den Thorax ausgiebig, nachdem man behufs künstlicher Athmung eine gläserne oder Gad'sche Canüle in die Luftröhre gelegt hat, oder man legt das Herz ohne Eröffnung der Pleurahöhlen blos. Hierzu macht man einen medianen Hautschnitt dicht über dem Proc. xiphoideus, und geht genau in der Medianlinie mit einem starken Scalpell in das Sternum ein, welches man auf diese Weise allmählich, rascher unter Zuhilfenahme einer starken Scheere spalten kann. Beide Spaltränder werden mit scharfen Haken kräftig auseinander gehalten, das freiliegende Pericard gespalten, und nun der Herzschlag, der Spitzenstoss, die Farbe des Blutes in den Hohl- und Lungenvenen etc. beobachtet.

Man kann diesen Versuch weiter benutzen: 1. zur Anstellung des Vagusversuchs (**90**), 2. zur Beobachtung der Actionsströme des Herzens mit dem Capillar-Electrometer (**49**), 3. zur Beobachtung der secundären Zuckung durch den Herzschlag, indem man den Nerven eines an einem Stativ befestigten Froschschenkels auf das Herz auflegt (**47**), 4) zur

Beobachtung der Lungen durch die Pleura hindurch, und ihres Collabirens beim Eröffnen der letzteren.

92.

Vasomotorischer und Irisversuch am Halssympathicus.

An einem chloralisirten Kaninchen wird Carotis und Vagus auf einer Seite blosgelegt (**90**). Unter dem Vagus findet man leicht den Grenzstrang des Sympathicus, unter welchem man einen Faden durchführt. Zweckmässig ist es das Thier jetzt loszubinden, weil nur so beide Ohren und Augen leicht zu vergleichen sind. Man hält die Ohren, an den Wurzeln sie sanft erfassend, nebeneinander gegen das Licht, und beachtet von der Innenseite her den Gefässverlauf, insbesondere die die Mitte der Muschel durchziehende Hauptarterie. Thiere mit von vornherein sehr ungleicher Injection beider Ohren sind für den Versuch zu verwerfen. Ebenso wird die Gleichheit der Pupillen bei gleicher Haltung gegen das Licht constatirt.

Hierauf zieht man den Sympathicus mittels des Fadens sanft hervor, und durchschneidet ihn mit einer scharfen Scheere möglichst tief unten. Nach kurzer Zeit zeigt sich das Ohr der verletzten Seite im Allgemeinen geröthet und die Gefässstämme, namentlich die Hauptarterie, stark gefüllt; das Ohr fühlt sich, an der Wurzel sanft umfasst, deutlich wärmer an als das andere. Die Pupille ist bei gleichem Lichteinfall deutlich, wenn auch nicht beträchtlich, enger als die andere.

Hierauf wird das Thier wieder aufgebunden, das obere Stück des Sympathicus mit dem Faden unten festgebunden, und der Kopfhalter so gedreht, dass die verletzte Seite nach oben kommt. Das Ohr wird wie vorher gegen das Licht gehalten, und der Nerv mit untergehaltenem Electrodenpaar mässig stark tetanisirt. Nach bemerkenswerther Latenzzeit

sieht man das Ohr erblassen, und die Hauptarterie enger und enger, und zuletzt völlig unsichtbar, d. h. blutleer werden. Nach Aufhören der Reizung bleibt das leichenblasse und kalte Ohr noch längere Zeit in diesem Zustande, dann schiesst fast plötzlich das Blut wieder in die Arterie und die übrigen Gefässe, und der alte Zustand stellt sich wieder her.

Dann wird das Auge durch Auseinanderziehen der Lider (die Nickhaut zieht sich von selbst genügend zurück) offen gehalten und die Reizung wiederholt. Man sieht die Pupille sich enorm erweitern, so dass nur ein schmaler Irisrand sichtbar bleibt; Latenzzeit und Nachwirkung sind ähnlich wie an den Ohrgefässen.

93.

Kymographionversuch am Hunde.

Zuerst wird das Kymographion vollständig zum Versuche hergerichtet, das Uhrwerk und dessen Regulation erläutert, das Manometer angehängt, mit der nöthigen Menge reinen Quecksilbers gefüllt und das Bleirohr angeschraubt, an dessen Ende ein starker kurzer Gummischlauch mit Schraub-Quetschhahn angefügt ist. Von diesem aus wird nun mit einer passenden Spritze die gesättigte Sodalösung eingefüllt, zuerst bei offenem Stöpsel des Hahnes, bis die Lösung aus der Hahnbohrung auszufliessen beginnt. Unter die Hahnbohrung wird eine Porzellanschale gehalten. Jetzt ist noch die Luft zwischen Quecksilber und Hahn auszutreiben; dies geschieht durch weiteres Eintreiben bei geschlossenem Hahnstöpsel, bis das Quecksilber fast an das untere Schenkelende getrieben ist, und dann Lüftung des Stöpsels. Durch mehrmalige Wiederholung dieser Procedur ist schliesslich alle Luft ausgetrieben, hierauf wird noch soviel Lösung eingetrieben, dass der Manometerstand etwa der Blutdruckhöhe entspricht, dann die Klemme am Schlauch ver-

schlossen, und jetzt erst die Spritze abgenommen. Man überzeugt sich, ob alle Verbindungen absolut dicht sind, d. h. das Quecksilber im Manometer seinen Stand genau behält.

Der Hund wird aufgebunden und narcotisirt, am besten durch Injection einer 2-procentigen Lösung von salzsaurem Morphin in die Jugularis externa. In der geraden Verbindungslinie zwischen Kieferwinkel und Manubrium sterni wird in der Mitte des Halses ein 5—8 cm langer Hautschnitt gemacht und der Hautmuskel durchschnitten, worauf die starke Vene sofort zu Gesichte kommt. Man isolirt dieselbe von ihrer Unterlage und führt einen doppelten starken Faden unter ihr durch. Am unteren Ende des isolirten Stücks wird eine federnde Klemmpincette angelegt, und mit dem oberen Faden die stark angeschwollene Vene oben unterbunden. Das so isolirte Venenstück darf keinen Ast aufnehmen; man findet meist ohne Weiteres eine astlose Strecke; nöthigenfalls wird der eintretende Ast doppelt unterbunden, und zwischen beiden Ligaturen durchschnitten.

Hierauf wird am oberen Ende des isolirten Stückes mit der Scheere ein kleiner lappenförmiger Einschnitt gemacht, die zur Morphiumspritze passende geknöpfte Hahncanüle mit Wasser gefüllt, in centraler Richtung eingeschoben und mit dem zweiten Faden festgebunden. Die Klemme wird nunmehr abgenommen. Während das Thier gut festgehalten wird, injicirt man nun, je nach der Grösse des Thieres, 2—5 ccm der Lösung, entleert sogleich die Spritze, und injicirt einige ccm Wasser hinterher. Das Thier geräth in starke Aufregung, sucht sich loszumachen (daher das Halten nöthig), entleert meist Excremente und Harn (deshalb bei Männchen den Unterbauch mit einem Handtuch bedecken!), und verfällt dann schnell in einen tiefen ruhigen Schlaf.

Eine Carotis wird nun, ganz wie beim Kaninchen, blosgelegt, und zwei starke Fäden unter ihr durchgezogen; mit dem oberen wird die Arterie unterbunden, und ihrem unteren Ende eine federnde Klemmpincette angelegt. Das so isolirte Arterienstück

wird ganz wie die Vene eröffnet, und eine möglichst weite, sanft abgerundete, gekröpfte Glascanüle mit schräger Oeffnung eingeschoben und mit dem unteren Faden festgebunden; dieser Faden wird nicht abgeschnitten. In die Canüle füllt man mittels einer ausgezogenen Röhre, welche in einer tiefen Flasche mit Sodalösung steckt, also ohne Saugen immer damit gefüllt ist, Sodalösung bis zum Rande ein, und verbindet sie nun unter Vermeidung jeder Luftblase mit dem Gummischlauch des Bleirohres. Die Verbindung der Glascanüle mit dem Gummischlauch muss sehr fest sein, weil derselbe sonst durch den hohen Druck leicht abgleitet.[1]) Das freie Ende der Verbin-

[1]) Für solche sehr feste Einbindungen von nicht gekröpften Glasröhren in Gummischläuche, Arterien und dergl. ist der in Fig. 22 dargestellte Knoten äusserst practisch, welcher sich sowohl mit dünnen Fäden wie mit dicken Bindfäden herstellen lässt. Der Faden wird in der Mitte seiner Länge zusammengelegt, an diesem Ende eine Zugschlinge (*A*) gemacht, und nachdem der Doppelfaden um die Röhre (*C*) herumgelegt ist, die beiden freien Fadenenden

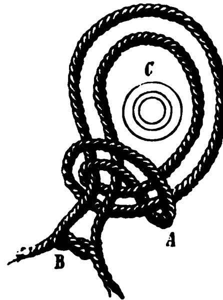


Fig. 22.

durch die Zugschlinge gezogen. Nachdem man die nunmehrige Schlinge sanft zusammengezogen hat, werden die beiden freien Enden durch eine einfache Schlinge (*B* der Figur) mit einander verknotet, und nun erst mit aller Kraft angezogen. Man kann auf diese Weise einen beliebig starken Zug ausüben (soweit die Festigkeit des Fadens gestattet), und — das ist der eigentliche Vortheil — die Fäden loslassen, ohne dass der Zug im Geringsten zurückgeht. Zuletzt wird noch eine Schlinge gemacht und zugeknotet; dieser Schlussknoten ist in der Figur nicht mit angegeben.

dungsschlinge (s. Anm.) wird mit dem Endfaden der Canülenligatur verknotet. Das Kymographion muss so aufgestellt sein, dass das Ende des Bleirohres eine möglichst gerade Fortsetzung der Arterie bildet. Manche fügen zwischen Bleirohr und Canüle noch ein gläsernes T-Rohr ein, dessen Seitenschenkel mit Schlauch und Quetschhahn verschlossen ist (ziemlich überflüssig).

Erst jetzt wird der Schwimmer vorsichtig in den offenen Schenkel des Manometers gesetzt, der berusste Cylinder aufgesteckt, und die gläserne Schreibnadel des Schwimmers mittels des hängenden Glasdrahtes an die berusste Fläche angedrückt. Nach Lüftung der beiden Klemmen an der Arterie und am Gummischlauch fängt das Manometer an zu pulsiren, und das Schreiben kann beginnen.

Man beachtet zunächst die doppelte Periodicität der Druckcurve, nämlich die cardialen und respiratorischen Schwankungen. Durch Anbringung eines Marey'schen Tambour enregistreur, dergestalt dass dessen Schreibspitze genau vertical über derjenigen des Manometers steht, und Verbindung des Tambour mit einem Pneumographen (**110**) überzeugt man sich, dass die ansteigenden Abschnitte der Athmungsschwankungen annähernd mit der Inspiration zusammenfallen.

Ferner wird die absolute Höhe des Blutdruckes am Manometer bestimmt, indem man die Höhendifferenz der Mittelstände beider Schenkel mit einem Anlegemassstab, falls nicht das Manometerbrett einen Massstab hat, ausmisst.

94.

Vagusversuch am Hunde.

An demselben Hunde werden beide Nervi vago-sympathici aufgesucht (der eine liegt bereits an der Carotis frei), Fäden untergeführt, und nun beide oben durchschnitten.

Der Augenblick der Durchschneidung wird an der Curve auf Commando mittels eines stumpfen Griffels markirt. Schon die erste Durchschneidung bewirkt eine Vermehrung der Pulsfrequenz und Erhöhung des Blutdrucks; noch stärker werden beide Veränderungen nach der zweiten Durchschneidung, der Puls ist jetzt sehr klein und frequent. Die Wirkung der Vagusdurchschneidung ist viel grösser als beim Kaninchen (**90**), weil letzteres nur geringen Vagustonus hat. Man beachtet zugleich die Verlangsamung und Vertiefung der Athmung.

Nach Festbindung des einen Vagus (**90**) wird derselbe nunmehr tetanisirt, wobei ein neues Papierblatt verwendet wird. Man lässt die Feder durch Senkung des Cylinders hoch oben auf dem Papier schreiben, damit die Drucksenkung Platz findet. Anfang und Schluss jeder Reizung, sowie der Rollenabstand werden an der Curve bezeichnet. Besser geschieht dies durch einen besonderen Reizschreiber[1]), mit welchem man auch die Durchschneidungsmomente (s. oben) am besten markirt. Man lässt dies Instrument über der Druckcurve zeichnen. Jede Vagusreizung bewirkt starke Pulsverlangsamung und Druckabnahme; starke Reizung macht Stillstand, und der Druck sinkt annähernd auf Null. Auch hier (vgl. **90**) beobachtet man kurze Latenzzeit und Nachwirkung; mit der Wiederkehr der Pulsationen beginnt die Druckcurve sofort zu steigen; sehr bald ist die ursprüngliche Höhe der Pulsfrequenz und des Druckes erreicht, ja

[1]) Es ist dies ein an einem verticalen Träger verschiebbarer du Bois-scher Schlüssel mit Punctcontact, der sich in einen Schreibhebel verlängert. (Der Punctcontact bietet nicht immer völlige Abblendung der Ströme, bedarf also jedesmal besonderer Reinigung und Prüfung.) Derselbe Apparat besitzt gewöhnlich noch einen kleinen Electromagneten, dessen Anker ebenfalls in einen Schreibhebel verlängert ist. Verbindet man denselben mit einem Element und einer Ludwig'schen Reizuhr oder einem mit Quecksilbercontact versehenen Metronom, so kann man zugleich Secunden oder andere Zeitabschnitte verzeichnen (sog. Zeitschreiber). Compendiöser und angenehmer ist der Jaquet'sche Zeitschreiber, welcher mit eigenem Uhrwerk direct schreibt.

anfangs meist etwas überschritten. Nach Beendigung des Versuchs sind auf den abgenommenen berussten Blättern mit einer stumpfen Schreibnadel alle Versuchsdaten genau zu verzeichnen, besonders die Folge der Blätter zu numeriren, Datum aufzuschreiben, auf dem ersten das Thier nach Geschlecht, Rasse, Grösse (Gewicht), die Art der Narcose etc. anzugeben, ferner bei den Reizstrecken die Rollenabstände hinzuzuschreiben etc. Erst dann werden die Blätter durch Eintauchen in eine alkoholische Schellacklösung (1 auf 10) und Aufhängen zum Trocknen fixirt, und in einer Mappe von geeigneten Dimensionen aufbewahrt. Ueber gleichzeitige Zeitschreibung siehe die Anmerkung.

95.

Wirkung der Erstickung auf den Blutdruck beim Hunde.

An demselben Thiere, besser an einem anderen mit unversehrten Vagis, wird nach Verbindung mit dem Kymographion die Luftröhre blosgelegt, durch einen ⊥-Schnitt eröffnet, und eine gläserne oder Gad'sche Canüle eingelegt, ferner die Vorbereitungen für künstliche Athmung getroffen.

Statt des einfachen Blasebalges, welcher allenfalls genügt, wird besser eine Maschinerie verwendet, wie sie Fig. 23 darstellt. Die Excenterscheibe *E* wird für den Hund auf grosse Excursionen eingestellt. Die Drehung des eisernen Riemenrades erfolgt mittels eines kleinen Wassermotors (Schmid'sche Turbine) oder mittels eines Electromotors (der in der Figur angedeutete ist der Siemens'sche Electromotor K_1, welcher mit einem Accumulator von etwa 6 Elementen und Vorschaltwiderstand betrieben wird; das Brett, auf welchem der Electromotor befestigt ist, ist auf der Tischplatte behufs Spannung der Lederpese verschiebbar, und wird mit einer Zwinge festgehalten). Wenn die Gad'sche Canüle verwendet wird, so stellt man den Hahn so, dass die Exspiration auf dem natür-

lichen Wege erfolgt, anderenfalls ist eine Seitenöffnung mit kurzem Kautschukschlauch und Regulirquetschhahn erforderlich.

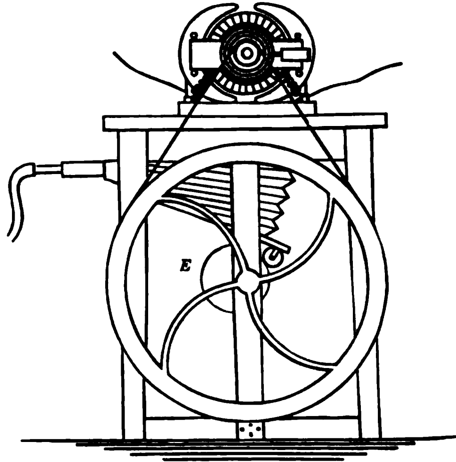


Fig. 23.

Man injicirt in die Jugularvene durch die zur Narcotisirung verwendete Canüle (93) einige Cubikcentimeter einer 1-procentigen Curarelösung, und setzt, sobald die Lähmung eingetreten ist, die künstliche Athmung in Gang.

Man constatirt die durch letztere verursachten Blutdruckschwankungen. Dann unterbricht man in einem auf dem Cylinder zu markirenden Moment die Athmung, und sieht nun nach einer kurzen Pause den Blutdruck stark in die Höhe gehen, und auf der Höhe die Traube'schen Druckschwankungen auftreten, zugleich die Pupillen sich stark erweitern. Wird jetzt die künstliche Athmung wieder aufgenommen, so sinkt der Druck wieder auf das ursprüngliche Niveau. Lässt man die Erstickung weiter gehen, so sieht man ebenfalls den Druck nach einiger Zeit wieder sinken, und schliesslich durch Lähmung des Herzens auf Null herab-

gehen. Sind die Vagi erhalten, so ist starke Verlangsamung des Herzschlages schon während der Drucksteigerung zu constatiren.

Zuletzt wird der Hund durch Verblutung getödtet, um die Verblutungskrämpfe zu zeigen. Auch kann Versuch **133** angeschlossen werden.

Die Versuche **93—95** können auch an Katzen angestellt werden. Dieselben werden zweckmässig vor dem Aufbinden und der eigentlichen Narcotisirung chloroformirt, indem man sie unter eine grosse Glasglocke setzt, welche den Tischrand so weit überragt, dass die Luft genügend Zutritt hat, und in welche man zugleich einen mit Chloroform getränkten Schwamm bringt. Sobald der Kopf schlaff herabsinkt, wird das Thier aufgebunden und durch Morphiuminjection in die Jugularvene narcotisirt.

96.

Wirkung des Splanchnicus major auf den Blutdruck beim Kaninchen.

Zu Kymographionversuchen am Kaninchen sind grosse, kräftige Thiere nöthig; Albinos sind weniger geeignet, als gefärbte Thiere. Chloralnarcose (**90**). Alles wird zum Kymographionversuch und zur künstlichen Respiration hergerichtet, und nun das Abdomen durch einen den untersten Rippen auf der linken Seite entsprechenden Querschnitt eröffnet, die Baucheingeweide, mit einem Tuche bedeckt, nach unten und rechts gezogen, so dass die Concavität des Zwerchfells freiliegt. Man macht durch Eröffnung des Zwerchfells hart an der linken Seite der Wirbelsäule linksseitigen Pneumothorax, leitet die künstliche Athmung ein, spaltet das Bindegewebe längs der Brustaorta, und sieht nun den Splanchnicus als dünnen weissen Nerven freiliegen. Man führt einen Faden unter ihm durch, und sucht zunächst die

Wirkung der Durchschneidung auf den Blutdruck festzustellen. Besser gelingt meist die Constatirung der Druckerhöhung durch Reizung des unteren Nervenendes.

97.

Reizung des Depressor beim Kaninchen.

An einem grossen, kräftigen, mit Chloralhydrat narcotisirten Kaninchen wird das Kymographion mit einer Carotis verbunden, und auf der anderen Seite der Nerv. depressor freigelegt. Man findet denselben an der Innenseite des Halssympathicus als einen dünnen weissen Faden. Derselbe wird unten unterbunden, unter der Ligatur durchschnitten, und das emporgehobene obere Ende in gewöhnlicher Weise tetanisirt, worauf ein beträchtliches Absinken des Blutdruckes folgt.

98.

Genauere Beobachtung des zeitlichen Verlaufes der Pulsschwankung des Blutdrucks.

Hierzu dient statt des Quecksilbermanometers ein Fick'sches Membran- oder Hürthle'sches Gummimanometer. Sonst ist Alles wie bisher. Man constatirt den steilen Anstieg und langsameren Abfall jeder Oscillation, die dicrote oder polycrote Form derselben, ferner den im Verhältniss zur absoluten Druckhöhe sehr bedeutenden Betrag der Schwankung.

99.

Sphygmographischer Versuch am Menschen. Gas-Sphygmoscop.

Der Vorderarm der Versuchsperson wird entblösst, und der Verlauf der Radialarterie mit Blaustift markirt. Hieraut wird der Sphygmograph, oder (falls das Uhrwerk abnehmbar

ist) der Grundrahmen desselben aufgesetzt, so dass die Pelottenmitte genau der Axe der Arterie entspricht, und die Pelotte in der Höhe des oberen Endes des Proc. styloideus zu liegen kommt, und der Rahmen mittels seines Bandes oder seiner Lederriemen gut befestigt. Der Arm wird zweckmässig durch ein schmales querliegendes Lederkissen unter dem Apparat gestützt, die Hand gestreckt gehalten. Nach Aufsetzung des Uhrwerks werden die Federspannungen so regulirt, dass möglichst ausgiebige Excursionen der Schreibspitze erfolgen. Die hierzu nöthigen Manipulationen sind je nach Art des verwendeten Sphygmographen (Marey, Mach, Dudgeon) etwas verschieden. Hierauf wird der berusste Streifen eingeschoben, und bei absolut constanter Handhaltung die Curve geschrieben.

Alle Practicanten legen sich gegenseitig successive den Apparat an; die gewonnenen Curven werden mit den Namen etc. beschrieben und fixirt (**94**). Gut ist es, wenn alle Arten des Sphygmographen nebeneinander zur Anwendung gelangen.

Hierbei kann auch das Mayer'sche Gassphygmoscop angelegt, und bei kleiner Flamme die doppelschlägigen Pulsschwankungen beobachtet werden.

100.

Cardiographischer Versuch am Menschen.

Einem der Practicanten, welcher sich bis zum Gürtel entkleidet, wird die Stelle des Spitzenstosses mit Blaustift bezeichnet, und der Marey'sche Cardiograph sorgfältig angelegt. Die vom Pantographen am Kymographion gelieferten Curven werden fixirt und discutirt. Es ist zweckmässig, die Aufnahme an anderen Practicanten zu wiederholen, weil die Curven individuell stark variiren, namentlich insofern, als bei Einigen ein deutliches sog. Plateau auftritt, bei Andern nicht.

101.

Blutdruckbestimmung am Menschen mit dem v. Basch'schen Sphygmomanometer (mit Aneroidbüchse).

Der Apparat muss in der Regel frisch nachgefüllt werden; wenn die Gummikappe nicht mehr völlig elastisch ist, wird sie zunächst durch eine neue ersetzt, ebenso die Gummischläuche. Die Füllung, resp. Nachfüllung erfolgt von dem T-Stück aus, indem der Hahn auf seitliche Communication gesetzt ist, mit einer seitlich angesetzten guten, mit Wasser gefüllten Spritze. Man giebt beträchtlichen Ueberdruck, sorgt aber dafür, dass jedesmal die etwa noch im Apparat vorhandene Luft durch die hoch gehaltene Seitenöffnung entweicht. Ist der Apparat ganz zu füllen, so nimmt man am besten den Schlauch ganz ab, und füllt Kapsel und Schlauch durch abwechselndes Drücken und Nachlassen an der Kapsel; die Aneroidbüchse füllt man durch Einträpfeln aus einer Spritzflasche unter leichtem Aufklopfen. Schliesslich wird der Schlauch angesetzt, die etwa vorhandene Luft durch Druck ausgetrieben, die Seitenöffnung sofort in Wasser getaucht und der Druck aufgehoben; jetzt erst wird die Spritze angesetzt, noch so viel Wasser eingetrieben, dass der Zeiger sich eben von 0 entfernt, und durch Hahndrehung die Seitenöffnung abgesperrt.

Das Instrument wird mit der linken Hand an der Schraubenmutter des Kapselstieles erfasst und etwa 4 cm über dem Proc. styloideus auf die Radialis aufgedrückt, während die rechte Hand den Puls unter dem Instrument betastet. Man drückt immer stärker auf, bis der Puls eben unfühlbar wird, und liest in diesem Moment die Zeigerstellung (cm Hg) ab. Die Messung ist stets nur eine sehr annähernde.

102.

Beobachtung der Venenpulsationen an der Flughaut der Fledermaus.

In einen Cigarrenkistendeckel wird eine rechteckige Oeffnung von etwa 3 cm Breite und 6 cm Höhe eingeschnitten, und neben derselben einige weite Löcher zum Durchziehen von leinenen Bändern gebohrt. Eine Fledermaus wird mit diesen Bändern, welche auf der Rückseite zugeknüpft werden, auf dem Brett festgebunden, die Flughaut gespreizt, und mit Heftpflasterstreifen über die Oeffnung gespannt. Das Brett wird in verticaler Richtung in einem Retortenhalter befestigt, und mittels eines an demselben Stative angebrachten zweiten Halters ein Microscoptubus mit schwachem Objectiv (Hartnack 3, Zeiss *BB* oder *C*) horizontal dergestalt eingeklemmt, dass er in seiner eigenen Richtung etwas verschoben, und, bei Stellung des Stativs gegen das Licht, auf eine geeignete Stelle einer neben dem Phalangenknochen verlaufenden Vene scharf eingestellt werden kann. Man beobachtet die sehr beträchtlichen langsamen Caliberschwankungen, und stellt ihren Rhythmus fest. Leicht kann man auch eine Stelle finden, an welcher man eine Venenklappe und ihr Spiel zu Gesichte bekommt.

Die langsamen periodischen Arterienveränderungen am Kaninchenohr können ohne Weiteres beobachtet werden (vgl. **92**).

103.

Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeit mit der Stromuhr.

a. Methodische Vorversuche über Geschwindigkeitsmessungen. In ein mittels Stativs hoch aufgestelltes Wassergefäss wird ein gläserner Heber eingesetzt, an welchen

ein Gummischlauch angefügt ist; letzterer ist durch eine Klemmpincette verschliessbar. In das Reservoir taucht ein mit Wasser gefüllter und umgestürzter, an demselben Stativ befestigter Messcylinder, welcher als Mariotte'sche Flasche functionirt. Man lässt aus dem Schlauche, den man durch Saugen mit Wasser gefüllt hat, so lange Wasser ausfliessen, bis das Mariotte'sche Gefäss zu spielen beginnt, d. h. unter Lufteintritt Wasser abgiebt. An das untere Ende des Gummischlauches wird die Stromuhr angefügt, in ihrem Stativ befestigt; der andere Stutzen der Stromuhr wird mit einem kurzen Gummischlauch versehen. Die beiden für Manometer bestimmten Stutzen werden mit Wachs verschlossen. Der drehbare obere Theil der Stromuhr wird unter 90^0 gegen die Durchgangsrichtung des unteren gestellt, so dass er mit diesem nicht communicirt. Hierauf wird die Stromuhr von oben gefüllt, und zwar der eine Schenkel bis zu seiner Aetzmarke mit Wasser, der andere, sowie der ganze obere Raum fast bis zum Kork mit gefärbtem Petroleum, und endlich der Kork (und der Schlüssel) aufgesetzt. Nach Wegnahme der Klemmpincette dreht man nun plötzlich den Obertheil bis zum Anschlag so, dass der Petroleumschenkel mit der Zuflussseite communicirt, das Petroleum wird durch eintretendes Wasser verdrängt; sobald letzteres bis zur Marke vorgedrungen ist, wird der Obertheil um 180^0 gedreht, und so fortgefahren, etwa bis 20 Wechsel stattgefunden haben; am Schluss der 20. Füllung wird der Obertheil wieder auf 90^0 gestellt. Anfang und Ende des Durchflusses werden an der Uhr festgestellt, ferner das durchgeflossene Volum an der Theilung des Mariotte'schen Cylinders gemessen. Mit diesem Volum muss nun das mit der Stromuhr bestimmte übereinstimmen, d. h. das 20 fache des Volums eines Schenkels bis zur Marke (ein für allemal durch Füllung des trocknen Apparates bis zur Marke aus einer Burette zu bestimmen; man füllt zweckmässig beide Schenkel, lässt ablaufen, füllt wieder etc. und liest die Summe der Füllungen an der Burette ab; dann

nimmt man das Mittel). Die Ablesung am Mariotte'schen Cylinder dient nur zur Controle der Calibrirung der Stromuhr und der richtigen Umdrehungen bei Erreichung der Marke. Der eigentliche Versuch besteht darin, das Volum eines Schenkels mit der Zahl der Füllungen zu multipliciren und das Product durch die in Secunden ausgedrückte Versuchszeit zu dividiren. Man erhält so das Secundenvolum der Strömung.

Statt der Stromuhr kann man auch ein Vierordt'sches Tachometer und ein System Pitot'scher Röhrchen in den Stromlauf einschalten, und im ersteren Falle die Ablenkung des Pendels, im zweiten die Niveaudifferenz der beiden Steigröhren beobachten. In beiden Fällen kann man die Geschwindigkeiten durch Hebung und Senkung des Reservoirs variiren.

b. Der Stromuhrversuch am Thiere wird am besten an einem kleinen Hunde, oder an einer Katze angestellt. Man benutzt dazu nicht dieselbe Stromuhr wie zu den Modellversuchen. Das Thier wird mit Morphium narcotisirt, eine Carotis in grösserer Länge freipräparirt und an beiden Enden der freigelegten Strecke mit Klemmpincetten verschlossen. Die Carotis wird in einer Länge von etwa 2 cm longitudinal aufgeschlitzt[1]), und in jedes Ende eine der kleinen Ansatzcanülen der Stromuhr eingeführt und eingebunden. Die Canülen handhabt man am besten mit einem in ihre Ansatzstutzen passenden Rundhölzchen. Die Fäden, mit welchen die Canülen eingebunden sind, werden nicht abgeschnitten, sondern durch die an den letzteren angebrachte Oese geführt, und auch an dieser verknotet, aber wiederum nicht abgeschnitten. Jetzt wird das aufgeschlitzte Arterienstück ganz resecirt, durch Lüften der centralen Klemme etwas Blut

[1]) Eine so grosse Strecke muss nämlich excidirt werden, um für die Stromuhr Platz zu schaffen; sie sofort zu excidiren, würde die Einführung der Canülen erschweren.

entnommen[1]) und sofort defibrinirt. Dann wird die Stromuhr, deren Manometerstutzen auch hier mit Wachs verschlossen sein können, in ihrem Halter in die richtige Lage gebracht, die Canülen angesteckt, und die an denselben befestigten Fäden mit einander verbunden und kräftig verknotet, wodurch die Verbindung der Canülen mit der Stromuhr gesichert ist. Die Füllung der Stromuhr (welche übrigens schon vor dem Einbinden erfolgen kann) geschieht bei Absperrstellung ganz wie im Modellversuch, nur tritt an die Stelle des Wassers defibrinirtes Blut, bei zu geringer Menge mit Kochsalzlösung verdünnt, und an die des Petroleums Olivenöl. Beide Flüssigkeiten erwärmt man sehr zweckmässig vorher auf etwa 40⁰. Der Versuch bedarf weiter keiner Bemerkungen.

104.

Bestimmung der Umlaufsdauer des Blutes.

In das centrale Ende der Jugularis externa eines chloralisirten Kaninchens, besser einer Katze, wird eine Hahncanüle gebunden, an welche eine calibrirte Spritze passt (dieselbe dient im letzteren Falle zunächst zur Einspritzung von Morphiumhydrochlorat). In das peripherische Ende der anderen Jugularis bindet man eine möglichst weite und nicht zu kurze Glascanüle, deren äusseres Ende schräg abgeschnitten und in der Flamme abgerundet ist. Der vertical stehende Cylinder eines Baltzar'schen Uhrwerks wird mit einem passenden Streifen eisenfreien Fliesspapiers überzogen. Dem Cylinder ertheilt man eine Umlaufszeit, welche etwa 50 Pulsen des Thieres entspricht; sie wird mit der Uhr genau festgestellt. Der Thierhalter wird so festgestellt, dass die Glascanüle ohne Schwierigkeit an das Papier etwa 2 cm unter dem oberen Rande gehalten werden kann. Ein Assistent steckt die mit 10-procentiger

[1]) Man kommt mit sehr wenig Blut aus, da man dasselbe mit 0,6-procentiger Kochsalzlösung verdünnen darf.

Lösung von Ferrocyannatrium gefüllte Spritze an die Hahncanüle, und ist zur Injection bereit. Man setzt den Cylinder in Gang, öffnet die Klemme des oberen Jugularisendes und lässt das Blut auf das Papier abfliessen, an welchem es, vertical herabfliessend, einen Streifen von etwas ungleicher Höhe bildet. Unter Bezeichnung des Momentes auf dem Papiere commandirt man die Injection von etwa 5 ccm, welche möglichst schnell, aber gleichmässig zu vollziehen ist. Nachdem der Cylinder nahezu einen Umlauf vollzogen hat, wird er arretirt, und das centrale Venenende zugeklemmt.

Nachdem das Blut völlig getrocknet ist, wird das Papier abgenommen, der obere Rand mit einer numerirten Centimetertheilung mit Bleistift versehen, und der Blutstreifen durch parallele, den Centimetern, oder besser je 2 Centimetern entsprechende Verticalschnitte in (numerirte) Streifen zerlegt. Die Untersuchung derselben erfolgt so, dass jeder (mit absolut reinen Fingern!) zu einem Packetchen zusammengeknäuelt in ein Probirglas mit kochendem Wasser geworfen wird.[1]) Die Flüssigkeit wird durch ein sehr kleines Filterchen filtrirt und mit einem Tropfen Salzsäure und mit Eisenchlorid versetzt. Wenn man nicht vorzieht sämmtliche Streifen an die Practicanten zur gleichzeitigen Prüfung zu vertheilen, macht man zuerst Stichproben und engt so den Bereich der zur Feststellung des ersten Erscheinens der blauen Reaction zu untersuchenden Streifen ein. Ist die Nummer des Streifens, welcher dieselbe giebt, sowie die der Injection entsprechende bekannt, so ergiebt sich aus Umlaufszeit und Umfang (50 cm) des Cylinders leicht die Umlaufsdauer des Blutes.

---

[1]) Bringt man das Papier in kaltes Wasser, und erhitzt dann, so wird die Flüssigkeit braun und zur Prüfung ungeeignet.

105.

Beobachtung der Lymphherzen des Frosches.

a. Die coccygealen Lymphherzen. Ein Frosch wird auf dem Bauche aufgebunden, und ein kleiner Hautlappen entsprechend der Gegend zwischen unterstem Steissbeinende und Darmbein excidirt. Bei genauem Betrachten sieht man jederseits ohne Weiteres eine schwach, aber regelmässig pulsirende Stelle, und überzeugt sich, dass die Pulsationen weder mit dem Herz- noch mit dem Athmungsrhythmus übereinstimmen. Eine Isolation der kleinen unter der Fascie liegenden Säckchen ist ohne Gefährdung der Pulsationen sehr schwierig.

b. Die cervicalen Lymphherzen. Um sie zu sehen, muss man den auf dem Rücken befestigten Frosch vollständig ausweiden. Man sieht dann jederseits eine pulsirende Stelle zwischen den langen Querfortsätzen des 3. und 4. Wirbels (dem ersteren näher), nahe deren lateralen Enden, etwa 3 bis 4 mm vom intervertebralen Kalksäckchen.

V. Versuche über die Athmung.

Constatirung der Sauerstoffverarmung in einer geschlossenen Glocke, in welcher ein kleines Thier lange geathmet hat (Erlöschen eines eingesenkten brennenden Spahnes), der Kohlensäurebildung durch Ausathmen in Kalkwasser mit einem Glasrohr, der Erscheinungen am Thiere unter der Glocke der Luftpumpe, u. dgl. sind mehr Vorlesungs- als Practicumversuche; ebenso die Bestimmung der Vitalcapacität am Spirometer.

106.

Messung der elastischen Spannung der Lungen an der Leiche (Donders'scher Versuch).

An einer Thierleiche (am besten Hund) wird eine Canüle fest in die Luftröhre eingebunden, und mit einem Wassermanometer mit Millimeterscala verbunden (das Wasser zu färben!). Alle Verbindungen müssen sehr gut schliessen; es sind zuverlässige Fadenschlingen (vgl. **93**) oder Schnürdrähte umzulegen. Vor Befestigung der letzten Verbindung ist das Manometer auf genauen Gleichstand zu bringen, am einfachsten durch Eingehen mit einem dünnen stumpfen Stahlinstrument (sog. „Finder“) zwischen Glas und Gummiröhre, um überschüssige Luft herauszulassen.

Jetzt wird der Thorax rechts und links vom Sternum durch Spaltung der Haut und Musculatur freigelegt, und

jederseits in einen Intercostalraum bis zur Pleura parietalis eingegangen. Noch einmal überzeugt man sich vom Nullstand des Manometer, resp. stellt ihn her, und öffnet dann erst eine Pleurahöhle, wobei Druck und Zug am Thorax zu vermeiden sind. Das Manometer steigt auf einen bestimmten Druck, welcher notirt wird. Nach Eröffnung der zweiten Pleurahöhle findet ein abermaliges Steigen statt, und der nunmehrige Druck ist derjenige der elastischen Kraft, welche die Lungen durch Ausdehnung auf Thoraxgrösse erlangt haben. Der abgelesene Druck ist jedoch etwas kleiner als der wirkliche, vor Eröffnung des Thorax vorhandene, weil die Lungen durch Compression ihres Luftgehaltes etwas collabiren konnten, also geringere Spannung haben als ursprünglich. Der schädliche Raum resp. Luftinhalt ist noch grösser, wenn nur eine Pleurahöhle eröffnet ist, weil die Lunge durch Compression eines grösseren Luftquantums (ihres eigenen und desjenigen der anderen Lunge) stärker collabiren kann, als wenn beide Lungen comprimirend wirken; daher ist der abgelesene Druck nach der ersten Eröffnung kleiner als nach der zweiten.

107.

Herstellung eines Schemas der Brustmechanik.

Hierzu braucht man eine unten offene und gewulstete Glasglocke und eine über die untere Oeffnung zu ziehende starke Gummikappe, auf deren Aussenseite in der Mitte ein hölzerner Knopf mit Platte festgeleimt ist. Die Tubulatur der Glocke muss ferner so weit sein, dass man die Brusteingeweide des Versuchsthieres durch sie hindurchbringen kann. In sie passt ein gut schliessender, dreifach durchbohrter Kork oder Gummistöpsel; von den drei hindurchgehenden Glasröhren ist die eine grade und unten so erweitert, dass man die Luftröhre überziehen kann, die beiden andern sind aussen rechtwinklig umgebogen.

Die Brusteingeweide eines Hundes oder einer Katze, je nach Grösse der Glocke, werden unverletzt herausgenommen, die Luftröhre auf das mittlere Rohr aufgebunden und die Vena cava superior mit einem der Seitenrohre verbunden, die Cava inferior und die Aorta unterbunden, und nun so viel Wasser wie möglich unter Vermeidung von Lufteintritt in das Herz eingelassen. Endlich werden die Eingeweide in die Glocke eingelassen, der Stöpsel festgedrückt, und das mit dem Herzen communicirende Glasrohr mit einem anderen verbunden, welches bis auf den Boden eines engen, mit bluthaltigem Wasser gefüllten Cylinders reicht. Die Glocke wird schwebend mit dem Halse in einem Stativ eingeklemmt, und nun das dritte, mit der Glockenluft verbundene Rohr mittels eines eine Drahtspirale enthaltenden Schlauches mit einer Wasserstrahl-Saugpumpe oder einer Luftpumpe verbunden. Beim Evacuiren der Glocke sieht man 1) die Lungen sich ausdehnen und mit Luft füllen, 2) die Kautschukkappe sich zwerchfellartig in den künstlichen Thorax hineinwölben, 3) Herz und Gefässe sich ausdehnen und Blutwasser aus dem Cylinder einsaugen. Beim Ziehen und Nachlassen oder Drücken an dem Knopfe (künstliche Inspiration und passive, resp. active Exspiration) sieht man entsprechende Volumänderungen der Lunge, sowie Aenderungen des Standes im Cylinder (welcher ein Venen-Manometer darstellt), bei activer Exspiration, während man die Trachealröhre zuhält, sieht man starkes Steigen am Manometer. Endlich sieht man, sowie Luft in die Glocke eingelassen wird (künstlicher Pneumothorax), Alles wieder zum ursprünglichen Zustande zurückkehren.

Wenn man nach Evacuirung der Glocke das Trachealrohr mit einem Wassermanometer verbindet, und nun Luft in die Glocke einlässt, so zeigt die Lunge, welche nicht collabiren kann, ihre elastische Spannung durch Auftrieb des Manometers an (instructive Nachahmung des in **106** erörterten Donders'schen Versuches).

108.

Druckgefälle in den Luftwegen.

Einem Kaninchen wird ein mit einer olivenförmigen Enderweiterung versehenes Glasrohr in ein Nasenloch gezwängt, und mit einem Wassermanometer (mit Millimeterscala) verbunden. Es zeigt sich inspiratorisches Saugen und exspiratorisches Drücken; der Betrag der Schwankung wird notirt. Demselben Kaninchen wird hierauf eine Gad'sche Canüle in die Luftröhre eingeführt, und der Hahn so gestellt, dass das Thier auf natürlichem Wege athmet, die Luftröhre aber zugleich mit dem Seitenrohr communicirt, an welche ebenfalls ein Wassermanometer angefügt wird. Dasselbe zeigt gleichsinnige, aber stärkere Druckschwankungen, als das Nasenmanometer, welches letztere die Druckschwankung im Rachen angiebt. Bei jeder Inspiration ist nämlich der Druck am grössten negativ in der Lunge, bei jeder Exspiration am grössten positiv. Das Gefälle, in dessen Sinne die Luft strömt, ist um so stärker, 1. je schneller und tiefer die Oeffnung 2. je enger die Zugangswege der Luft. Im Versuche ist wegen des Verschlusses eines Nasenloches die Schwankung grösser als normal, und wird colossal, wenn auch das andere Nasenloch verschlossen wird.

109.

Druckschwankung im äusseren Athmungsraum.

Ein Kaninchen wird in einen ganz geschlossenen Behälter gebracht (vgl. 112), der aber mit einem Marey'schen Pantographen communicirt. Der Schreibhebel des letzteren zeichnet dann die Athembewegungen auf, indem der Druck im Behälter bei der Inspiration ansteigt, bei der Exspiration sinkt. Die Schwankung ist um so stärker, je mehr das Thier den Behälter ausfüllt. Dieser Versuch ist das Gegenstück zum vorigen. Der Druck steigt bei der Inspiration im Aussen-

raum und sinkt in den Luftwegen, weil die Luft nicht so rasch in die Athmungsorgane einströmen kann, wie der Thorax sich erweitert.

110.

Wirkung des Vagus auf die Athembewegungen. Vaguspneumonie.

Eine geräumige Flasche (4—6 Liter fassend) wird mit einem Stöpsel versehen, durch den zwei aussen umgebogene Röhren und eine dritte gerade gehen. Die letztere (recht weit) wird mit einem kurzen Kautschukschlauch mit Schraub-Quetschhahn versehen. Innen reichen alle drei Röhren nur durch den Stöpsel hindurch. Die eine der umgebogenen Röhren wird unter Einschaltung eines Marey'schen Ventilröhrchens mit einem am Kymographioncylinder schreibenden Marey'schen Tambour verbunden. Die andere Röhre, welche möglichst kurz und weit sein muss, wird durch einen ebenfalls kurzen und weiten Kautschukschlauch mit dem Seitenrohr einer Gad'schen Canüle verbunden, welche in die Luftröhre eines chloralisirten Kaninchens eingebunden ist. Der Schlauch am offenen Rohr der (Hering'schen) Flasche wird mittels der Klemme so regulirt, dass der Pantograph die Athembewegungen in mässiger Curvenhöhe (1—2 cm) verzeichnet. Die Athemcurve zeigt häufig cardiale Zäckchen (sog. cardiopneumatische Bewegung). Zweckmässig bringt man tief unter der Schreibspitze des Marey'schen Hebels die Zeichenspitzen eines Reiz- und eines Zeitschreibers an (vgl. **94**).

Man schreibt zuerst die gewöhnliche Athmung auf, und beachtet, dass die Senkungen Inspirationen bedeuten, und dass die Hebungen etwa ebenso weit über die Ruhelage hinauf gehen, d. h. dass das Thier activ exspirirt.

Die Vagi werden präparirt und zur Durchschneidung vorbereitet (**90**), die Momente der Durchschneidungen an der

Curve oder am Reizschreiber markirt. Man bemerkt nach jeder der beiden Durchschneidungen eine bleibende Verlangsamung und Vertiefung der Athmungen.

Nach Festbindung eines centralen Vagusendes wird dasselbe unter Verzeichnung des Rollenabstandes zuerst mit schwachen, nach gehörigen Pausen mit immer stärkeren Strömen tetanisirt. Bei schwachen Reizungen sieht man meist Beschleunigung, Verflachung und Unregelmässigkeit der Athmung, bei starken meist Stillstand in Ruhelage mit intercurrenten seltenen und tiefen In- und Exspirationen oder blossen Exspirationen; zugleich beobachtet man am Thiere oft Schluckbewegungen.

Man kann den Versuch so modificiren, dass statt der Aufzeichnung der Athembewegungen die inspirirten Luftvolumina gemessen werden. Zu diesem Zwecke wird mit der Trachealcanüle ein kurzer Schlauch verbunden, der sich mittels eines Gabelrohrs zu zwei Müller'schen Ventilen verzweigt. Als solche benutzt man zwei etwa 5 cm hoch mit Wasser gefüllte Waschflaschen neuerer Art (ganz aus Glas), deren kurzes, resp. langes Rohr mit dem Gabelrohr verbunden wird. Die erstere stellt das Inspirationsventil dar; ihr langes Rohr wird mit dem Hahnrohr oder der Deckelöffnung eines leichtgehenden, mit Luft gefüllten Spirometers verbunden. Vor der Vagusdurchschneidung liest man das in einer gewissen Zeit (z. B. 2 Minuten) entnommene Luftvolumen ab, und wiederholt diese Bestimmung nach der ersten und nach der zweiten Vagusdurchschneidung. Man findet in der Regel, dass das inspirirte Volumen, auf die Zeit berechnet, ziemlich unverändert bleibt, d. h. dass die Athmungen um so ergiebiger werden, je seltener sie in Folge der Durchschneidungen sind.

Sehr gut kann man auch die inspirirten Volumina direct aufzeichnen, indem man den Zeiger der Spirometerglocke durch ein angekittetes Stäbchen verlängert und letzteres auf dem langsam rotirenden Kymographioncylinder zeichnen

lässt. Es entsteht eine treppenförmige Zeichnung, deren Stufen nach Durchschneidung der Vagi länger und höher werden, ohne dass die Gesammtneigung sich wesentlich ändert.

Handelt es sich nur um Aufzeichnung der Athemfrequenz, so kann man die verschiedensten Combinationen von Lufträumen mit Pantographen (sog. Pneumographen) benutzen, in welchen die Umfangs- oder Durchmesseränderungen des Thorax auf Luftbehälter wirken, welche in Gürtel oder zangenförmig umgreifende Instrumente eingeschaltet sind.

Zur Demonstration der Vagus-Pneumonie am anderen Tage eignen sich mehr die zum Herzvagusversuch (**90**) verbrauchten Kaninchen, weil bei diesen keine Tracheotomie gemacht ist. Man kann übrigens auch den hier erörterten Versuch allenfalls, statt mit Tracheotomie, mit einer über Mund und Nase gestülpten Gummikappe, welche in ein Rohr übergeht, anstellen.

Dem an Vagus-Pneumonie verendeten Thiere werden zunächst die Brusteingeweide mit der Luftröhre, jedoch mit Schonung des Schlundes, sorgfältig herausgenommen. Man überzeugt sich zunächst von der äusserst ungleichmässigen Vertheilung der Veränderung, welche beweist, dass dieselbe nicht von vasomotorischer oder trophischer Lähmung herrühren kann. Während manche Lappen völlig luftleer und dunkelroth („hepatisirt") sind, sind andere Partien absolut normal. Hierauf werden die Lungen durch ein in die Luftröhre eingebundenes Rohr aufgeblasen; die normalen Partien entfalten sich leicht, die dunklen schwierig, aber zuletzt meist ebenfalls, so dass sie normal aussehen. Endlich schlitzt man die grösseren Bronchialäste auf, und findet auf ihrer Schleimhaut zuweilen grüne Futterpartikel, ebenso bei microscopischer Untersuchung ausgepressten Secretes, in welchem namentlich Mundepithelien neben Eiterkörperchen und abgestossenen Flimmerzellen sich zeigen. Eröffnung des Oesophagus zeigt meist wurstartige Anfüllung mit Futtermassen (in Folge der Schlucklähmung).

111.

Erwärmende (und befeuchtende) Wirkung der Nase.

Eine grosse, mindestens 5 Liter fassende Glasflasche, welche unten mit Tubulus und weitem Ausflussrohr mit Gummischlauch und Quetschhahn versehen ist [1]), wird durch einen Kork verschlossen, in welchem ein weites Glasrohr steckt. An dieses ist mittels Schlauches ein etwa 15 cm langes, 1 cm weites Glasrohr angepasst, dessen freies Ende olivenförmig erweitert ist, so dass es luftdicht an ein Nasenloch angefügt werden kann. In dem Glasrohre liegt ein kurzes Thermometer. [2]) Man stellt nun den Quetschhahn an der unteren Flaschenöffnung so, dass etwa $^1/_6$ Liter Wasser per Secunde ausfliesst, und klemmt den Schlauch ausserdem durch eine Klemme zu, welche plötzlich geöffnet werden kann. Sobald das Rohr an die Nase angefügt ist, öffnet man die Klemme, und sieht nun das Thermometer schnell fast auf Körpertemperatur steigen. In 30 Secunden (5 Liter Ausfluss) hat es etwa 35 Grad erreicht. Da im Versuche die Luft etwa so schnell durch die Nase strömt, wie bei der Inspiration, so beweist der Versuch, dass die Nase genügt, um die inspirirte Luft ziemlich auf Körpertemperatur vorzuwärmen. Zwar ist im Versuche der Nasenweg doppelt so lang, wie beim Athmen, weil die Luft durch ein Nasenloch ein- und durch das andere austritt. Der Versuch ist aber doch beweisend, weil zwei nebeneinander durchströmte Canäle ebenso wirken, wie ein Canal von doppelter Länge.

(Will man nachweisen, dass die Nase die Luft auch mit Wasserdampf für die erreichte Temperatur nahezu sättigt,

---

[1]) Denselben Zweck erfüllt ein gewöhnliches Gasometer nur dann, wenn die obere Oeffnung weit genug ist.

[2]) Dies einfache Verfahren genügt für das Practicum; in den Originalversuchen (Aschenbrandt, Kayser) hatte das Rohr eine seitliche Tubulatur, durch welche nur das Gefäss des Thermometers hineinragte.

so muss statt des Thermometerrohres ein vor und nach dem Versuch zu wiegendes Chlorcalciumrohr eingeführt werden. Dieser Versuch eignet sich nicht für das Practicum.)

112.

Nachweis und Messung der Kohlensäureproduction.

Ein Cylinder von etwa 15 cm Höhe und 6—8 cm lichtem Durchmesser wird mit einem gut schliessenden Kautschukverschluss (Kappe) versehen, durch welchen zwei aussen rechtwinklig umgebogene Röhren gehen, die eine bis auf den Boden, die andere nur durch den Stöpsel (man kann auch ein recht weites Exemplar der modernen Waschflaschen benutzen, deren Glaseinsatz etwas mit Vaselin zu bestreichen ist). Das lange Rohr wird mit dem kurzen Rohr einer Waschflasche verbunden, in die man etwas klares Barytwasser giebt, und das lange Rohr der letzteren mit einem Liebig'schen Kaliapparat, mit starker Kalilauge gefüllt. Das kurze Rohr des Hauptcylinders wird mit einer geneigt aufgestellten Pettenkofer'schen Barytröhre, und diese endlich mit einem Aspirator verbunden, d. h. mit dem Ausströmungsrohr eines mit Wasser gefüllten Gasometers, welches unten geöffnet wird.

Die Barytröhre füllt man mit gesättigter Barytlösung aus einer Vorrathsflasche, und zwar unter Feststellung des zur Füllung erforderlichen Volums, indem man die Lösung mittels eines Messcylinders einfüllt. Ein Quantum derselben Lösung wird gut verschlossen zur Titrirung aufbewahrt. Dann lässt man den Aspirator äusserst langsam Luft durch den ganzen Apparat saugen (durch das Barytrohr müssen die einzelnen Luftblasen langsam aufsteigen), und überzeugt sich, dass derselbe überall vollkommen dicht ist.

Erst jetzt bringt man in den Cylinder, den man einen Augenblick öffnet, ein kleines warmblütiges Thier, am besten

eine weisse Maus, und lässt den Aspirator etwa 1 Stunde lang wirken. Das zwischen Thierbehälter und Kalirohr eingeschaltete Barytwasser bleibt völlig klar, während dasjenige im geneigten Rohre sich gleich anfangs trübt, und allmählich einen Niederschlag absetzt.

Nach einer an der Uhr bestimmten Zeit unterbricht man den Versuch, verschliesst beide Endschläuche des Barytrohres mit Klemmen, und schreitet nun zur Titrirung des dazu reservirten Barytwassers (s. oben), indem man zu einer mit einer Vollpipette entnommenen Quantität von 10 oder 20 ccm etwas neutrale Lacmuslösung zusetzt, und aus einer Burette Zehntel-Normal-Salzsäure bis zur Neutralisation zufliessen lässt. Von dem Inhalt der Barytröhre lässt man, nachdem derselbe sich durch Absitzen geklärt hat, ein Quantum in ein Becherglas klar ablaufen, oder filtrirt es nöthigenfalls möglichst schnell durch ein gutes Faltenfilter, misst wiederum ein gleiches Quantum ab, und titrirt es ebenfalls.

Hat man diesmal für 10 ccm Barytlösung a ccm Zehntel-Säure weniger verbraucht als vorher, und war ferner A ccm das Volumen der Barytfüllung im Rohre, so berechnet sich die von dem Thiere in der Versuchszeit gebildete Kohlensäuremenge zu $0{,}00022 . a A$ grm.[1])

Schliesslich berechnet man die CO_2 - Production, nach Wägung des Thieres, für 1 Kilo Thier und 1 Stunde, und drückt das gefundene Quantum auch in Liter (für Atmosphärendruck und 0^0) aus, indem man es mit 0,5089 multiplicirt (für 15^0 C. mit 0,5117).

Der Anfänger hat sich klar zu machen, dass dieser Versuch an grösseren Thieren wegen des erforderlichen schnellen Durchströmens grosser Luftmengen nicht ausführ-

[1]) 1 Liter Normal-Salzsäure sättigt soviel Ba wie $\frac{1}{2}$ Mol. = 22 grm CO_2 entspricht, also entspricht 1 ccm $\frac{1}{10}$-Normalsäure 0,0022 grm CO_2. Auf 10 ccm Ba-Lösung sind 0,0022. a grm, also auf A ccm 0,00022 $a . A$ grm CO_2 ausgefällt.

bar ist, sondern hier nur ein bekannter Bruchtheil der eintretenden (im obigen Versuch CO_2-frei gemachten) und der austretenden Luft analysirt werden kann (Pettenkofer'sches Verfahren), oder principiell andere Methoden, z. B. die Regnault-Reiset'sche, zur Verwendung kommen müssen. Für Kaninchen reicht das Verfahren übrigens aus, wenn man als Thierbehälter einen geeigneten Glascylinder zur Verfügung hat, mit aufgeschliffener Messingplatte, durch welche die beiden Röhren hindurchgehen.

113.

Dyspnoe und Apnoe.

Einem chloralisirten Kaninchen wird eine Gad'sche Canüle in die Luftröhre gelegt und die Athembewegungen einfach beobachtet, oder auch mit einem Pneumographen registrirt. Schliesst man die Canüle mittels ihres Hahnes ab, oder verengt man sie stark, so beobachtet man Vertiefung und Verlangsamung der Athembewegungen (Dyspnoe), äusserste Anstrengung aller den Thorax erweiternden Muskeln, darauf allgemeine Krämpfe, Pupillenerweiterung, Blaufärbung der Schleimhäute, Blässe des Ohres, endlich allgemeine Lähmung. Wird jetzt künstliche Respiration eingeleitet (**95**), so kehren zuerst auf kurze Zeit die Krämpfe zurück, dann dyspnoische Athembewegungen (um sie zu beobachten, sistirt man die Einblasungen), und endlich spontane regelmässige Athmung. Setzt man die künstliche Athmung lebhaft fort, so hört die Spontanathmung auf (Apnoe), und tritt auch beim Sistiren der Einblasung erst nach längerer Zeit wieder ein.

Lässt man das Thier ersticken, so wird dasselbe obducirt, die dunkle Färbung der ganzen Blutmenge constatirt, und das Blut spectroscopisch untersucht (**144**).

114.

Selbststeuerung der Athmung.

An dem Thiere des vorigen Versuches wird durch einen an die Seitenöffnung der Canüle angefügten Schlauch plötzlich an der Lunge gesogen; sofort erfolgt eine kräftige Inspirationsbewegung. Wird umgekehrt in die Lunge Luft hineingedrückt, so antwortet das Thier mit einer kräftigen Exspiration. Beide Reactionen fallen nach doppelseitiger Vagusdurchschneidung fort.

VI. Versuche über Absonderung und Aufsaugung.

115.

Anlegung einer Speichelfistel beim Hunde; Reizung der Secretionsnerven.

Der Hund wird auf dem Rücken befestigt und wie in 93 mit Morphin narcotisirt (nicht übermässig viel geben! gute Narcose schadet dem Versuche nichts); es ist ein Kopfhalter zu verwenden, welcher den Unterkinnraum möglichst frei lässt (Ringhalter sind zu vermeiden; am besten sind Knebelhalter, bei welchen eine Stange hinter den Schneidezähnen hindurchgeht, oder auch ein blosser runder eiserner Knebel, über welchem das Maul durch Umschlingen dicht dahinter festgebunden wird).

Ein Hautschnitt längs des Innenrandes einer Unterkieferhälfte, etwa 3 cm vom Kieferrande beginnend, wird bis etwa 1 cm vor dem Kieferwinkel geführt, der Hautmuskel durchtrennt, und nun der starke vordere Bauch des Digastricus mit Messerschnitten vom Kieferknochen abgelöst, und mit einem scharfen Haken kräftig zurückgezogen; die dabei eintretende Blutung steht leicht beim Aufdrücken kalter Schwämme. Jetzt liegt der platte, frontal gefaserte Mylohyoideus frei, den man parallel dem Kieferrande senkrecht zu seiner Faserung durchtrennt, wodurch das Planum freigelegt ist, in welchem der Ductus Whartonianus und Bartholinianus, sowie eine Anzahl Gefässe und Nerven liegen. Die Gänge, welche sagittal verlaufen, sind für den Anfänger nicht ganz leicht zu erkennen, am besten noch an ihrem durch-

scheinend bläulichen Aussehen. Man führt unter dem ersteren, oder auch unter beiden, je zwei Fäden in etwa 4—6 mm Abstand hindurch.

Die Speichelcanülen, welche man sich von jedem Silberarbeiter anfertigen lassen kann, haben am besten die Gestalt konischer Röhren von höchstens 4 cm Länge, mit einem sehr feinen, mit olivenförmigem Knöpfchen versehenen Ende; man muss 2—3 von etwas verschiedenem Endkaliber zur Verfügung haben. Man unterbindet den Gang mit dem vorderen Faden, und hält ihn mittels desselben leicht gespannt, macht dicht hinter der Ligatur mit einer sehr feinen Scheere einen lappenförmigem Einschnitt, führt die passende Canüle ein, und bindet sie mit dem zweiten Faden fest. Die Einführung wird erleichtert, wenn in der Canüle ein Mandrin steckt und ein wenig herausragt, und wenn man unmittelbar vor der Einführung mit einem „Finder“ in den Gang eingeht.

Man überzeugt sich, dass auch bei langem Warten kein Speichel aus der Canüle ausfliesst. Sobald man aber dem Hunde in das verschlossene Maul durch eine durch die Zahnlücken eingeführte Pipette einige ccm stark verdünnter Essigsäure einführt, erfolgt, meist nach einer oder mehreren Schluckbewegungen, rasche Anfüllung der Canüle mit Speichel und Ausfliessen desselben. Die ersten Tropfen pflegen etwas trübe zu sein, die folgenden sind klar, deutlich fadenziehend.

Zur Aufsuchung der Chorda tympani beachte man zunächst den bereits freiliegenden N. lingualis, welcher etwa in der Mitte des blosgelegten Kiefertheiles dicht am Knochen hervorkommt und sich zur Zunge begiebt. Durch Abdrängen der Weichtheile vom Kiefer kann man ihn leicht in die Tiefe (centralwärts) verfolgen, und sieht nun die Chorda als mässig dünnen Nerven von ihm unter starkem Winkel abgehen und rückwärts parallel dem Kiefer in der Richtung zum Kieferwinkel verlaufen. Die Präparation zur Reizung erfolgt am vollkommensten, wenn man den Lingualisstamm central vom Abgang der Chorda durchschneidet, wobei sich zeigt, dass

man es mit einem sensiblen Nerven zu thun hat, und nun den peripherischen Stumpf mit einem Faden umschnürt. Mittels dieses Fadens kann man leicht die Chorda eine Strecke weit frei präpariren, und die Electroden gut anlegen. Vor der Reizung muss zur Vermeidung von Stromschleifen der Lingualis noch einmal, peripherisch vom Chordaabgang, durchschnitten werden. Der Geübtere braucht übrigens den Lingualis durchaus nicht zu verletzen, sondern kann um die Chorda selbst, nahe ihrem Abgange, einen Faden legen, zubinden und den Nerven vom Lingualis abschneiden.

Nach der Durchschneidung des Nerven kann man sich überzeugen, dass Einträufelung von Säure in das Maul jetzt keine Secretion mehr hervorbringt. Jedoch ist dies für die Betheiligung der Chorda am Reflex nur dann entscheidend, wenn man den Lingualis unverletzt gelassen hat, und in dieser speciellen Hinsicht wäre also die zweite Art des Vorgehens vorzuziehen.

Reizung der Chorda, und zwar schon bei ziemlich grossem Rollenabstand, bewirkt reichliche Speichelsecretion. Man fängt den Speichel in Uhrgläsern auf.

Hierauf wird der Vagosympathicus am Halse blosgelegt (**94**), durchschnitten, und sein oberes Ende ebenfalls gereizt; man erhält Secretion eines sehr zähen, fast gallertigen Speichels, welcher meist durch die enge Canüle nicht schnell genug ausfliessen kann, und daher den Gang stark ausdehnt. Besser ist es, den Vagus nicht mitzureizen; nach Spaltung der äusseren Nervenscheide gelingt es meist, den Sympathicus vom Vagus zu isoliren.

Zur Beobachtung des Nerveneinflusses auf die Circulation in der Drüse selbst muss ein zweiter Hautschnitt am Kieferwinkel gemacht und die Jugularvene blosgelegt werden, welche sich an dieser Stelle in zwei Aeste theilt. Der innere derselben nimmt das Venenblut der Drüse auf. Legt man in diesen Ast dicht über der Gabelung eine Canüle ein, und unterbindet man ihn dann oberhalb des Eintritts der Drüsen-

vene, so gewinnt man aus der Canüle fast reines Drüsenblut, und kann namentlich dessen Hellrothwerden bei Chordareizung beobachten.

Schliesslich kann man dem Hunde $^1/_2$ ccm einer einprocentigen Lösung von Atropinsulphat durch die Venencanüle injiciren, und zunächst die colossale Erhöhung der Pulsfrequenz constatiren. (Beim Kaninchen ist dieselbe relativ unbeträchtlich, weil hier der Vagustonus gering ist; vgl. **90** und **94**.) Reizung der Chorda und des Sympathicus sind jetzt ohne secretorischen Erfolg, während die Wirkung auf die Drüsengefässe noch vorhanden ist.

Ueber Verwendung des aufgefangenen Speichels s. **116**.

116.

Chemische Untersuchung des Speichels.

Menschlichen Mundspeichel sammelt man von sich selbst durch Ausfliessen bei weitgeöffnetem Munde. Hat man sich der weniger zu empfehlenden Methode des Ausspeiens bedient (wobei catarrhalische Sputumbeimengung natürlich zu vermeiden ist), so trennt man die Flüssigkeit vom Schaum mittels eines Filters mit einer feinen Oeffnung in der Spitze.

Zur microscopischen Untersuchung genügt ein direct dem Munde entnommener Tropfen. Man beobachtet die grossen polygonalen Mundepithelien und die kleinen kugelrunden Speichelkörperchen, in welchen man auf die Molecularbewegung der Körnchen achtet.

In dem gesammelten Speichel wird zunächst die (meist, aber nicht immer, alkalische) Reaction mit Lacmuspapier festgestellt. Im Probirglase wird dann das Mucin durch Essigsäure als flockiger, im Ueberschuss unlöslicher Niederschlag nachgewiesen. Ein anderes Quantum wird mit etwas Eisenchloridlösung versetzt, und die blutrothe Färbung, von Rhodanverbindungen herrührend, constatirt. (Diese Reaction fehlt im Speichel mancher Individuen.)

Dünner Stärkekleister wird dadurch hergestellt, dass ein wenig Stärke in einer Reibschale mit Wasser verrieben, dann mit noch mehr Wasser vermischt, und das Ganze in einer Schale einmal aufgekocht wird. Nach dem Abkühlen versetzt jeder Practicant in einem Probirglase etwas Kleister mit etwa $^1/_3$ bis $^1/_2$ Volum Speichel, schüttelt durch, und stellt sein Glas in ein gemeinsames, auf 40° erwärmtes Wasserbad, welches mit einer Blechplatte bedeckt ist, die für die Probirgläser Löcher hat. Nach wenigen Minuten wird der Inhalt der Gläser auf Stärke, Dextrin und Traubenzucker untersucht.

Die anfangs vorhandene Stärkereaction (Bläuung beim Zusatz einer Lösung von Jod in Jodkalium) ist sehr bald verschwunden; ziemlich lange dagegen besteht eine Dextrinreaction, am besten so zu machen, dass man die Jodlösung etwas verdünnt, auf zwei Probirgläser vertheilt, und zu dem einen etwas von der Speichelmischung hinzusetzt; es entsteht eine dunkelrothbraune Färbung.

Zum Nachweise des Zuckers (Maltose) wird die Mischung mit Kali- oder Natronlösung versetzt, und sehr verdünnte Kupfersulphatlösung vorsichtig hinzugesetzt; es entsteht eine tief blaue Färbung; ist soviel Kupferlösung zugesetzt, dass ein Niederschlag von Cuprihydrat entsteht, so ist derselbe abzufiltriren. Beim Erhitzen entsteht ein rother oder orangefarbener Niederschlag; ist sehr wenig Zucker zugegen, so bleibt die Flüssigkeit im durchfallenden Lichte blau, zeigt aber im auffallenden Lichte einen feinvertheilten rothen Niederschlag. (Trommer'sche Probe.)

Der Submaxillardrüsenspeichel des Hundes (**115**) zeigt unter dem Microscop Speichelkörperchen, aber keine Epithelien, reagirt alkalisch, giebt die Mucin-, aber nicht die Rhodanreaction und wirkt nicht deutlich zuckerbildend.

117.

Anlegung einer Magenfistel beim Hunde.

Die Operation wird erleichtert, wenn der Magen durch eine reichliche Fütterung des Thieres gefüllt wird. Der Hund wird mit Morphin narcotisirt, das Epigastrium geschoren und rasirt, dann die ganze Abdominalfläche mit warmem Seifenwasser gewaschen, abgetrocknet und mit einem Schwamm mit Sublimatlösung von 1:2000 eingerieben. Ebenso haben Operateur und Assistenten ihre Hände mit Seife und Sublimatlösung zu sterilisiren und Instrumente und Fäden liegen in 2 $^1/_2$-procentiger Phenollösung, mit welcher auch die Schwämme getränkt werden.

Genau in der Medianlinie wird unter dem Proc. xiphoideus ein kurzer Längsschnitt gemacht und die freigelegte Linea alba gespalten. Beim Auseinanderziehen der Ränder und event. Wegdrängen der Leber zeigt sich leicht der weissglänzende Magen, den man über der Insertionslinie des Netzes mit einem scharfen Haken fixirt. Man legt nun mittels stark gekrümmter Schwertnadel, welche mit einem Nadelhalter gefasst wird, zwei parallele Längsreihen von Nähten an, welche den Magen an die Rectusscheide zu beiden Seiten der Linea alba befestigen. Die Endfäden der Nähte werden vorläufig nicht abgeschnitten. Mittels derselben zieht man nun Magen- und Bauchwand möglichst in die Höhe und öffnet jetzt den ersteren mit dem Scalpell longitudinal zwischen beiden Nahtlinien und nur in solcher Ausdehnung, dass die Innenscheibe der bekannten Magencanüle grade mit einiger Gewalt hineinschlüpfen kann; durch das Emporziehen wird der Austritt von Mageninhalt verhütet. Die Canüle wird verschlossen eingeführt. Man legt nun noch hart über und unter dem Rohr der Canüle je eine Zusammenziehungsnaht an, deren Fäden man schon vorher durchgezogen und behufs Einführung der Canüle über der Fuge lang ausgezogen

hat. Endlich wird noch die Hautwunde bis dicht an die Canüle durch Nähte verschlossen. Man legt dem Hunde eine mit Carbolsäure getränkte Compresse über das Operationsfeld, und umwickelt endlich Brust und Rücken gut mit Handtüchern, welche man durch Rollbinden oder Nähte befestigt.

Erst am folgenden oder dritten Tage darf man beginnen, Magensecret aufzufangen. Unmittelbar nach der Operation tritt oft Entleerung des Magens durch Erbrechen ein. Man hüte sich, den Hund ohne Verband zu lassen, weil er sehr geneigt ist, die Canüle herauszuzerren, nachdem er sie durch Beissen verunstaltet hat.

Zur Auffangung von Magensaft wird der Hund nach mehrstündigem Fasten auf den Tisch gestellt, die Canüle geöffnet und ein Federbart eingeführt, den man sanft hin und her bewegt; der farblose, klare, etwas fadenziehende, stark saure Saft wird in Bechergläsern aufgefangen.

118.

Pepsinverdauung.

Gewöhnlich wird hierzu künstlicher Magensaft verwendet. Hat man natürlichen Saft gewonnen, so wird auch mit diesem ein Verdauungsversuch angestellt.

Zu künstlicher Verdauung braucht man entweder getrocknet aufbewahrte Labmagenschleimhaut vom Kalbe, oder ein Glycerinextract der Magenschleimhaut, am besten vom Hund oder Schwein, ferner 0,2-procentige Salzsäure, welche folgendermassen hergestellt wird. Reine Salzsäure wird mit etwa 20 Theilen destillirten Wassers vorläufig verdünnt, und der Säuregehalt von 10 ccm dieser Flüssigkeit durch Titriren mit Normalnatronlösung bestimmt, von welcher jeder ccm 0,0365 grm HCl sättigt. Man verdünnt auf Grund dieser Bestimmung die Lösung so, dass sie 2-procentig wird. Hat man z. B. 6,4 ccm Natronlösung zur Neutralisation verbraucht

so enthalten 10 ccm $6,4 \cdot 0,0365 = 0,2336$ grm HCl. Da 10 grm nur 0,2 grm enthalten sollen, so müssen je 200 ccm durch Zusatz von Wasser auf 233,6 ccm gebracht werden.[1]) Die so hergestellte 2-procentige Lösung wird aufbewahrt, und zu Verdauungsversuchen auf das 10-fache verdünnt.

Der erste und überzeugendste Verdauungsversuch wird mit gekochtem Hühnereiweiss angestellt. Das Weisse eines hartgekochten Eies wird in regelmässige Würfel von etwa 2 mm Seite zerschnitten. Vier Fläschchen, mit *A*, *B*, *C*, *D* bezeichnet, dienen zu den Versuchen. *A* und *B* werden mit dem vollständigen Verdauungsgemisch, *C* ohne Pepsin, *D* mit Wasser statt der Säure beschickt. Man bringt also: 1. je 10—20 Eiweisswürfel in *A*, *B*, *C*, *D*; 2. eine Anzahl Abschnitte der Magenschleimhaut oder einige ccm Glycerinextract in *A*, *B*, *D*; 3. die 0,2-procentige Salzsäure (etwa 20—30 ccm) in *A*, *B*, *C*, und ein gleiches Quantum destillirten Wassers in *D*.

Die Gläser *A*, *C*, *D* werden in den Brütofen (einen Thermostaten neuerer Form, der auf 40° gehalten wird), *B* in gewöhnliche Zimmertemperatur gebracht.

Am folgenden Tage findet man in *A* die Eiweisswürfel vollständig verschwunden, in *B* ist die Verdauung zwar sichtlich ebenfalls begonnen, die Würfel verkleinert, aber nicht aufgelöst. In *C* und *D* sind die Würfel vollständig erhalten, nur in *C* an den Kanten etwas durchscheinend geworden; in *D* ist Fäulniss durch den Geruch und zahlreiche Bacterien nachweisbar.

Die Flüssigkeit im Glase *A* wird filtrirt. Das Filtrat giebt weder beim Kochen, noch auf Zusatz von Salpetersäure eine Coagulation, noch beim Neutralisiren eine Fällung, enthält also weder Albumin noch Säurealbuminat. Dagegen giebt sie die Millon'sche Reaction: beim Zusatz von Mercuri-

[1]) Ebensogut kann man den HCl-Gehalt der vorläufigen Verdünnung mit der zur Bestimmung der Chloride im Harn dienenden Silberlösung (mit Kaliumchromatlösung) austitriren.

nitrat liefert sie einen flockigen Niederschlag, der sich beim Aufkochen zusammenballt, und auf Zusatz von etwas salpetriger Säure (ein Tropfen rauchender Salpetersäure, oder etwas Kaliumnitritlösung, aus welcher die freie Säure des Mercurinitrats salpetrige Säure frei macht) zwiebelroth färbt. Ferner giebt das Filtrat beim Versetzen mit Kaliumhydrat und tropfenweisem Zusatz stark verdünnter Kupfersulphatlösung eine schön rothe Färbung (Biuretreaction). Hierdurch ist die Anwesenheit von Pepton nachgewiesen.

Weitere Versuche werden mit Fibrin angestellt. Das frisch ausgewaschene Fibrin aus geschlagenem Blut ist ohne Weiteres verwendbar. Man kann auch Fibrin in concentrirtem Glycerin vorräthig halten, und zum Versuche mit Wasser gut auswaschen. Die Verdauungsversuche werden im Uebrigen wie vorher angestellt, erfordern aber weit weniger Zeit.

Besonders instructiv gestalten sich die Versuche mit Glycerinextract. Das gewaschene Fibrin wird in 0,2-procentige Salzsäure gelegt, in welcher es in einer halben Stunde oder länger stark gallertartig aufquillt. Mit dieser Gallerte werden zwei Probirgläser zu etwa $^1/_3$ gefüllt, und zu dem einen etwas Glycerinextract, zum andern ebensoviel reines Glycerin gesetzt; in ein drittes Glas bringt man ungequollenes Fibrin und Glycerinextract. Die drei Gläser stellt man, nachdem man sie gut durchgeschüttelt hat, in ein auf 40^0 erwärmtes Wasserbad; im ersten verflüssigt sich die Gallerte schon in einigen Minuten, in den beiden anderen bleibt der Inhalt unverändert.

Bringt man die durchgeschüttelte Mischung von in Säure gequollenem Fibrin und Glycerinpepsin auf ein Filter, welches in einem geheizten Wasserbadtrichter steckt, so kann man die Fortschritte der Verflüssigung an dem ablaufenden Filtrat verfolgen.

119.

Wirkung der Magenschleimhaut auf Leim und auf Milch.

Zerschnittene feine Gelatine wird in drei Gläser vertheilt, und zu *A* destillirtes Wasser, zu *B* und *C* 0,2-procentige Salzsäure (**118**), zu *C* ausserdem einige Stücke Magenschleimhaut zugesetzt. Die 3 Gläser kommen in den Brütofen. Drei andere ebenso beschickte Gläser A_1, B_1, C_1 bleiben bei Zimmertemperatur. Am andern Tage findet man in A_1 den Leim zu einer Gallert gequollen, welche bei leichtem Erwärmen schmilzt, und beim Abkühlen langsam erstarrt; in *A* ist durch die Ofenwärme der Aggregatzustand flüssig, beim Erkalten tritt Gelatiniren ein. *B* und *C* enthalten eine nicht gelatinirende Lösung, C_1 meist ebenso, wenn die Untersuchung erst nach 24 Stunden geschieht, B_1 dagegen pflegt nach 24 Stunden noch schwach zu gelatiniren. Die Säure allein beseitigt also das Gelatinirvermögen des Leimes, langsam in der Kälte, schneller in der Wärme. Pepsin beschleunigt diese Einwirkung, wie man besonders in der Kälte sehen kann (B_1, C_1).

Von zwei Gläsern mit Milch wird das eine mit einigen Stücken Magenschleimhaut versetzt, und beide bei Zimmertemperatur stehen gelassen. Schon nach einigen Stunden ist die Milch im letzteren Glase ohne Säurung geronnen, im ersteren nicht.

120.

Emulgirung der Fette durch Alkalien.

Ein grosses Uhrglas wird in einem Ringstativ aufgestellt, über einer schwarzen Unterlage, und mit einer Sodalösung von 0,25-procentiger (krystallisirter) Soda gefüllt. Mit einem Glasstabe lässt man einen nicht zu grossen Tropfen ranzigen Leberthrans, welchen man zu diesen Versuchen vorräthig hält, aus geringer Höhe auf die Flüssigkeit fallen. Der Tropfen

breitet sich viel stärker aus als auf Wasser, und entsendet zunächst nach allen Seiten dichtgedrängte feine radiäre weissliche Fäden. Sehr bald aber zieht er sich wieder zusammen, und es entstehen gröbere radiäre Fortsätze, wobei meist alternirende Einziehungen und Ausbreitungen des Ganzen eintreten; von den Fortsätzen gehen wiederum senkrecht zu ihren Rändern feinfädige dichtgedrängte Linien aus. Allmählich trübt sich die Oberfläche in weitem Umkreise, und ein unter dem Microscop untersuchter Tropfen der trüben Flüssigkeit ergiebt eine feinpunctirte Emulsion.

Es ist zweckmässig, vor dem Versuche die günstigste Concentration der Sodalösung für das vorhandene Oel durch Vorversuche auszuprobiren; nicht selten sind verdünntere (bis 0,125) oder auch concentrirtere Lösungen von energischster Wirkung.

(Für die Vorlesung wird dieser Versuch am besten mit Projection gezeigt, wozu man ein Stativ mit 2 grösseren drehbaren Spiegeln, deren Drehaxen zu einander senkrecht stehen[1]), sehr practisch verwendet; zwischen den Spiegeln befindet sich ein durchbohrter Objecttisch, auf welchen ein Glastrog mit ebenem Boden gesetzt wird. Zur Projection nimmt man zweckmässig ein photographisches Objectiv, zur Beleuchtung eine geeignete Bogenlampe mit Linsensystem, z. B Schukkert'sche Lampe mit Zeiss'scher optischer Bank.)

121.

Pancreasverdauung.

Die Anlegung einer Pancreasfistel dürfte für das Practicum zu weit gehen, so dass man die Emulgirung der Fette, zu welcher wirklicher Pancreassaft gehört, nicht zeigen kann. Dagegen ist die Spaltung der Fette leicht zu

---

[1]) Sind die Drehaxen parallel, so mischt sich das directe Licht leicht störend ein.

demonstriren. Man nimmt dazu ein Stück frisches Pancreas von einem soeben getödteten Thiere, zerhackt es fein, und reibt es in einer Reibschale mit ganz schwach durch Sodalösung alkalisch gemachtem Wasser unter Zusatz von soviel Lacmustinctur, dass schwach blaue Färbung eintritt. Das Ganze wird in zwei Theile getheilt, und zu dem einen etwas frische Butter zugesetzt, welche man vorher mit etwas alkalischem Wasser geschmolzen, durchgeschüttelt und wieder gesammelt hat. Beide Pancreasgemenge werden unter Schütteln oder Rühren auf 37° anhaltend erwärmt, wobei das butterhaltige sich durch Bildung freier Säure röthet, auch ranzigen Geruch annimmt. Statt des frischen Pancreas kann man auch ein schwach alkalisches Glycerinextract der frischen Drüse verwenden, welches man vorräthig hält, jedoch ist der Versuch dann weniger sicher.

Für die zuckerbildende Wirkung lässt man ein Stück frisches Pancreas 1 Tag an der Luft liegen, zerhackt es, und versetzt es mit dünnem Stärkekleister (**116**). In einem Wasserbade von 40° tritt die Wirkung gut ein.

Für die Trypsinwirkung benutzt man am einfachsten ein Glycerinextract der Drüse, welche vorher zerhackt und mit Glaspulver fein verrieben wird. Die Substanz wird mit gleichem Gewicht 1-procentiger Essigsäure und mit dem 10-fachen Gewicht Glycerin mehrere Tage unter öfterem Umrühren stehen gelassen und dann filtrirt. Zum Verdauungsversuche wird frisch oder wie in **118** behandeltes und ausgewaschenes Fibrin in einer 0,3 procentigen Sodalösung zum Quellen gebracht, eine Portion davon in einfaches Glycerin, eine andere in das Pancreasextract gebracht, und beide Gläser im Wasserbade bei 40° digerirt; das Fibrin löst sich im Pancreasextracte leicht.

Für den Nachweis der tieferen Zersetzung durch Trypsin bringt man eine grössere Menge frischer Drüsensubstanz und Fibrin in schwach alkalisch gemachtes Wasser und versetzt eine Portion mit Thymol, eine andere bleibt wie sie ist. Beide

Gläser werden im Brütofen bei 40° gehalten. Die zweite zeigt bald Fäulnissgeruch und giebt mit Chlorwasser versetzt eine rosenrothe bis violette Färbung. Die erste Portion wird am folgenden Tage filtrirt und das Filtrat etwa auf $^1/_5$ seines Volums eingedampft. Nach dem Abkühlen bildet sich auf der Oberfläche eine Kruste, welche unter dem Microscop die characteristischen Leucin- und Tyrosinkrystalle zeigt.

122.

Anlegung einer Thiry-Vella'schen Fistel.

Ein weiblicher Hund, welcher mindestens 12 Stunden gehungert hat, wird wie in **117** vorbereitet, und dann ein Hautschnitt und die Spaltung der Linea alba etwa in einer Länge von 6 cm in der Mitte zwischen Proc. xiphoideus und Symphyse vollzogen. Dann wird ein mit Sublimatlösung getränktes Stück Leinwand über das Abdomen gebreitet, der Bauchöffnung entsprechend gespalten, und nach Heraufschiebung des Netzes eine Dünndarmschlinge hervorgezogen. Man sucht ein 10—15 cm langes Stück aus, in dessen Bereich mindestens eine grössere Mesenterialarterie mündet, und durchschneidet den Darm an beiden Enden; die Schnitte müssen an möglichst gefässarmen Mesenterialstellen liegen, und das Mesenterium muss einige cm weit mit eingeschnitten werden. Die aus dem Darmlumen hervorquellenden Inhaltstheile werden mit Bäuschen von Salicylwatte abgetupft. Die vier Darmenden werden vorläufig mit Fäden durchstochen und festgehalten. Hierauf wird zunächst die Darmcontinuität durch eine Darmnaht hergestellt. Zur Anlegung derselben benutzt man kleine halbkreisförmige Nadeln, deren Breitseite in der Ebene der Krümmung liegt, und welche mit Hagedorn'schen selbstschliessenden Nadelhaltern gefasst werden. Es müssen zwei Nadelhalter vorhanden sein, so dass stets eine gefasste Nadel zur Verfügung steht. Man sticht die Nadel zuerst an dem einen Darmende in der Richtung senk-

recht gegen den Wundrand in die Serosa ein und wieder heraus, dann ebenso am anderen Darmende, und knüpft die Schlinge zusammenziehend so, dass die Wundränder nach innen gedrückt werden. Am besten legt man zuerst in grösseren Abständen so viel Nähte an, dass die Vereinigung erreicht ist, und zwar an der Insertion des Mesenteriums beginnend, und fügt dann dazwischen so viel Nähte hinzu, wie nöthig ist, um jede nach aussen noch vorkommende Schleimhautstelle ins Lumen zu bringen. Nach Abwaschung mit Sublimatlösung wird der Hauptdarm reponirt, und nun zur Einnähung der beiden Enden des resecirten Stückes in die Bauchwunde geschritten. Hierzu wird zunächst auch dies Darmstück reponirt, aber die Enden mit ihren Fäden in der Wunde gehalten. In der Mitte der Wunde zieht man die Ränder der Linea alba durch eine oder mehrere starke Suturen zusammen, welche beide Darmmündungen trennen. Nun werden die Ränder der Darmstücke, welche der Wundform entsprechend plattgeformt werden, mit der Haut durch die nöthige Zahl von Suturen vereinigt; bei jeder Sutur wird der Darm nur einmal, und zwar Serosa, Muscularis und Schleimhaut durchbohrt. Schliesslich werden die noch zum Verschluss nöthigen ergänzenden Hautnähte angelegt und ein Stück Salicylwatte über der Wunde mit Heftpflasterstreifen und einer Bauchbinde befestigt.

Erst nach völliger Heilung der Wunde, welche bei mindestens einmaligem täglichen Verbandwechsel sorgfältig zu beaufsichtigen ist, kann man dazu übergehen, durch Einführung eines Federbartes Darmsaftsecretion hervorzurufen, und den Durchgang eingeführter olivenförmiger Holzkörper zu beobachten.

123.

Anlegung einer Gallenfistel.

Der Hund muss 24 Stunden vorher hungern, damit man die Gallenblase gefüllt findet. Die Vorbereitung und die Er-

öffnung der Bauchhöhle geschieht wie in **117**. Man findet durch Eingehen mit den aseptisch gemachten Fingern leicht die Gallenblase, zieht sie in die Wunde und fixirt sie vorläufig mit einem durchgezogenen Faden. Hierauf verengt man die Wunde durch Nähte, und näht schliesslich die Gallenblase durch eine longitudinale Doppelreihe von einigen Nähten an die Wundränder fest. Schliesslich spaltet man sie zwischen diesen Nähten, und legt zweckmässig eine der Magencanüle ähnliche, aber kleinere Canüle ein. Eindringen von Galle in die Bauchhöhle ist ungefährlich. (Will man den Hund längere Zeit am Leben erhalten, so erweist es sich sehr schwierig, ihn am Herausreissen der Canüle zu hindern.)

Statt der Gallenblase kann man ohne besondere Schwierigkeit auch den Ductus choledochus vom Duodenum her aufsuchen, und in ihn eine Canüle einlegen. Die Wunde muss dann etwas grösser gemacht werden.

124.

Untersuchung der Galle.

Man benutzt hierzu entweder aus der Fistel (**123**) gewonnene oder aus dem Schlachthause bezogene Galle.

a. Herstellung krystallisirter Galle. Die Galle wird zur Trockne eingedampft, der Rückstand in einen Kolben gebracht und mit Alkohol ausgekocht; nach der Abkühlung filtrirt man die Flüssigkeit, kocht sie mit viel Thierkohle und filtrirt abermals. Das Filtrat muss jetzt farblos sein. Man bringt es in einen geräumigen Kolben und versetzt mit einem grossen Ueberschuss von Aether. Es entsteht ein weisser harziger Niederschlag, welcher meist erst nach sehr langer Zeit (ein Jahr und länger) sich in strahlige Krystalldrusen umwandelt. Man kann sofort etwas von dem Niederschlage entnehmen, sich von seinem bitteren Geschmack, seiner Löslichkeit in Wasser überzeugen, und die Pettenkofer'sche Reaction damit anstellen. Um den Schwefelgehalt

nachzuweisen, bringt man die Substanz in verdünnte reine Salzsäure (dieselbe darf mit Bariumchlorid keine Trübung geben), erwärmt auf dem Wasserbade, und trägt reines Kaliumchlorat in kleinen Portionen ein. Die Flüssigkeit giebt jetzt mit Bariumchlorid einen Niederschlag.

b. Die Pettenkofer'sche Reaction. Ein wenig stark verdünnter Galle (oder statt derselben etwas von dem eben erwähnten Aetherniederschlage, oder eine kleine Portion Hundefäces) wird in ein Probirglas gebracht und mit einigen Tropfen einer 2-procentigen Rohrzuckerlösung versetzt. Unter dem Strahle der Wasserleitung, welche das Probirglas bespült, setzt man unter beständigem Umschütteln tropfenweise englische Schwefelsäure zu, bis ein grosser Ueberschuss von Säure vorhanden ist. Zuletzt kann man etwas dreister zusetzen. Gewöhnlich bewirken die ersten Säuretropfen einen Niederschlag von Mucin und Glycocholsäure, welcher sich aber im Ueberschusse wieder löst. Nach Abtrocknung des Glases wird dasselbe in der Flamme vorsichtig erhitzt; es bildet sich eine purpurrothe Färbung.

c. Fluorescenz der Cholalsäure in Schwefelsäure. Der Versuch wird wie bei **b** ausgeführt, aber kein Zucker zugesetzt, so dass die vorherige Abkühlung (welche nur die Bräunung durch Caramelbildung verhindern soll) entbehrlich ist. Besser ist es ein Körnchen Cholalsäure mit englischer Schwefelsäure zu übergiessen und langsam in der Flamme zu erhitzen. Es zeigt sich eine goldrothe Färbung im durchfallenden, und eine sammetgrüne im auffallenden Lichte.

d. Die Gmelin'sche Gallenfarbstoffreaction. Hierzu ist Galle kaum geeignet, weit besser icterischer Harn, welcher im Laufe des Semesters gelegentlich aus der Klinik zu beziehen ist. Man bringt rohe Salpetersäure in ein Probirglas, und lässt den Harn aus einer Pipette an der Wand langsam auf die Säure fliessen, so dass er eine besondere Schicht bildet. An der Grenze beider Flüssigkeiten sieht man dann die bekannte Farbenfolge.

e. Eigenschaften des Cholesterins. Auf einen Objectträger bringt man einen Tropfen warm bereiteter alkoholischer Cholesterinlösung [1]), und deckt ein Deckglas erst auf, wenn die Krystallisation durch Abkühlung und Verdunstung begonnen hat. Eine gute Uebung ist Messung der Krystallwinkel mit drehbarem Objecttisch (mit Theilung) und Ocular mit Fadenkreuz.

Etwas trockenes Cholesterin wird auf dem Objectträger mit concentrirter Schwefelsäure benetzt und ein Deckglas aufgelegt. Man sieht unter dem Microscop die Krystalle knollig aufschwellen und sich roth färben. Setzt man ein Tröpfchen Jodlösung (in Jodkalium) zu, so entsteht an einzelnen Stellen blaue Färbung.

125.

Beobachtung der Darmbewegung und Hemmung derselben durch Splanchnicusreizung. Ureterwellen.

Zur blossen rohen Beobachtung der Darmperistaltik bietet fast jeder Versuch, in welchem ein Thier getödtet worden ist, genügende Gelegenheit, bei welcher auch mechanische, electrische und chemische Darmreizungen vorgenommen werden können, erstere besonders geeignet, die lange Latenz und Dauer und die ringförmige Ausbreitung der Contraction zu sehen. Genauere Versuche unter erwärmter Kochsalzlösung liegen ausserhalb des Rahmens eines Practicums.

Am eben getödteten Kaninchen sieht man leicht die in längeren Intervallen über den Ureter ablaufenden Contractionswellen, und ebenso künstlich hervorgerufene.

Zur Anstellung des Pflüger'schen Splanchnicusversuches öffnet man an einem chloralisirten Kaninchen das Abdomen, und hüllt zunächst die Därme in warme Tücher ein. Dann

---

1) Aus Aether krystallisirt das Cholesterin nicht in Tafeln, sondern in Prismen.

wird ein Splanchnicus nach Eröffnung des Zwerchfells (96) präparirt und nach Bloslegung der Därme gereizt. Der Versuch muss schnell vollendet werden; künstliche Respiration ist nicht erforderlich. Der Versuch misslingt mit derselben ebenso leicht, wie ohne dieselbe.

126.

Untersuchung der Leber auf Zucker und Glycogen.

Am besten tödtet man ein Kaninchen [1]), schneidet schnell die Leber aus, legt ein Stück davon bei Seite, und schnitzelt das Uebrige in lebhaft siedendes Wasser rasch hinein. Man giesst dann das Wasser in ein Gefäss ab, und zerreibt die mürbe gewordenen Stücke mit etwas reinem Sand oder Glaspulver in einer Reibschale, bringt die Masse und die Flüssigkeit wieder in die Porzellanschale zurück, lässt noch einige Zeit kochen, und säuert mit Essigsäure ganz schwach an. Dann filtrirt man durch ein Faltenfilter.

Das Filtrat opalescirt stark. Die Trommer'sche Probe ergiebt wenig oder keinen Zucker. Zum blossen Nachweis des Glycogens bringt man in zwei Probirgläser etwas Lösung von Jod in Jodkalium, und setzt zu dem einen etwas Leberextract. Es entsteht eine dunkel rothbraune Färbung, welche beim Erhitzen verschwindet und nach dem Abkühlen wiederkehrt.

Der Rest des Extractes wird mit grossem Ueberschuss von Alkohol versetzt; es entsteht ein Niederschlag von Glycogen, welcher sich bald absetzt. Will man ganz reines, stickstofffreies Glycogen darstellen, so muss man das Extract vor dem Alkoholzusatz durch Zusatz von in Jodkalium gelöstem Quecksilberjodid und Salzsäure von Eiweiss- und Leimspuren befreien.

Das zur Seite gestellte Leberstück wird nach etwa 1/2 Stunde ebenso wie das vorige extrahirt. Das Extract

[1]) Der Versuch gelingt auch gut an Herbstfröschen.

giebt eine starke Zuckerreaction, und ist meist immer noch opalisirend und glycogenhaltig.

127.

Der Zuckerstich.

Einem jungen Kaninchen wird Harn ausgedrückt[1]), und zur späteren Untersuchung bei Seite gestellt. Dem Thiere wird dann die Haut über dem Hinterkopf an der Zuckerstichstelle median gespalten. Hierauf wird das Thier von einem Assistenten an den 4 Beinen in starker Streckung gehalten: der Operateur fasst den Kopf mit der linken Hand, und führt mit der rechten das meisselförmige, mit kurzem Dorn versehene Piqûre-Instrument in der Mitte der fast quadratischen Knochenplatte unter rotirenden Bewegungen zunächst nur durch die Dicke des Knochens. Am Hefte des Instrumentes muss die Richtung der Schneide zu erkennen sein. Die Einführung in das Gehirn bis zur Schädelbasis muss in genau vorgeschriebener Richtung bei kräftig fixirtem Schädel mit sicherer Hand geschehen. Zeigt das Thier nach der Operation Krämpfe oder Zwangsbewegungen, so kann sie gleichwohl in der Hauptsache gelungen sein.

Nach mehreren Stunden entleert man wieder die Blase, und wiederholt dies in mehrstündigen Intervallen. Alle entnommenen Portionen, auch die vor der Operation gewonnene, werden in verkorkten Probirgläsern aufbewahrt und mit der Zeit der Entnahme bezeichnet. Am folgenden Tage werden alle Proben auf Zucker untersucht, wobei zu beachten ist,

---

[1]) Um einem Kaninchen Harn auszudrücken, lässt man den Vordertheil bei fast verticaler Stellung des Thieres von einem Assistenten halten und hält selbst beide Hinterbeine über einer grossen Porzellanschale, indem man mit beiden Daumen in den unteren Theil des Abdomen hineingreift. Man sucht nun durch sammelnde und sanft drückende Bewegungen die Eingeweide in das Becken hinter der Symphyse hineinzutreiben, wodurch leicht ein Harnstrahl hervorgebracht wird.

dass für die Trommer'sche Probe der Kaninchenharn etwa mit dem doppelten Volum Wasser zu verdünnen ist.

Bei dieser Gelegenheit wird auch die Gährungsprobe zweckmässig vorgeführt. Man füllt ein Probirglas, besser ein Absorptionsrohr, fast vollständig mit Quecksilber, den Rest mit Harn, dem man etwas Presshefe zugesetzt hat, verschliesst mit dem Daumen, stürzt das Rohr in einer mit Quecksilber gefüllten Reibschale um, und befestigt es mittels einer Retortenklemme.[1]) Am folgenden Tage hat sich über dem Harn ein Quantum Gas (Kohlensäure) angesammelt, welches durch eingeführte Kalistangen völlig absorbirt wird.

128.

Eigenschaften der Milch.

a. Ueber Reactionsprüfung, microscopische Untersuchung, Centrifugirung bedarf es keiner Bemerkungen.

b. Hautbildung beim Erhitzen. Eine Portion wird in einer Porzellanschale bis fast zum Kochen erhitzt. Die entstandene Haut wird mit einem Glasstabe entfernt. Erhitzt man von Neuem, so bildet sich abermals eine Haut, und die Procedur lässt sich viele Male wiederholen.

c. Casein, Albumin und Zucker. Die Milch wird mit Essigsäure kräftig sauer gemacht und dann stehen gelassen. Nach einiger Zeit hat sich der käsige Niederschlag gut zusammengezogen, und man erhält beim Filtriren durch ein befeuchtetes Faltenfilter ein nur wenig trübes Filtrat. Das Casein hat also die Milchkügelchen fast völlig eingeschlossen. Um in dem Filtrate das Albumin nachzuweisen, muss man zunächst die Säure fast vollständig neutralisiren. Hierzu verwendet man sehr stark verdünntes Natron, und setzt zur Vorsicht ein Quantum des sauren Filtrates bei Seite, um,

---

[1]) Die Apparate stehen, wie immer wenn Quecksilber im Spiele ist, in einem hölzernen Tragbrett, auf welchem von metallenen Geräthen nur solche von Eisen und Platin sich befinden dürfen.

falls man alkalische Reaction erhalten hätte, dieselbe wieder sauer zu machen. Am Schlusse muss ganz schwach saure Reaction bestehen. Oft entsteht beim Neutralisiren eine Trübung durch Ausfallung entstandenen Säurealbuminats; diese wird abfiltrirt.

Die klare, schwach saure Flüssigkeit wird nun erhitzt, wobei ein flockiger Niederschlag von Albumin entsteht.

Die von diesem Niederschlage abfiltrirte Flüssigkeit giebt bei der Trommer'schen Probe (**116**) kräftige Zuckerreaction.

Ueber Labfällung des Caseins s. **119.**

129.

Einige Versuche mit Harn und Harnbestandtheilen.

a. Bestimmung des specifischen Gewichtes. Neben der Bestimmung mit dem Aräometer (Urometer) lässt man zweckmässig eine solche mit dem Pycnometer ausführen, und die Resultate vergleichen. Das mit Thermometer versehene Pycnometer wird zuerst trocken, dann mit Harn gefüllt, und schliesslich nach sorgfältiger Ausspülung mit destillirtem Wasser gefüllt, gewogen. Natürlich muss es bei den Wägungen aussen stets völlig trocken sein. Bei den beiden letzten Wägungen wird die Temperatur notirt. Man lässt von den Practicanten die zur Reduction auf Volumina gleicher Temperatur erforderlichen Formeln entwickeln (Ausdehnungscoëfficient des Wassers 0,00006), und schliesslich das spec. Gewicht berechnen.

b. Nachweis der hauptsächlichsten Säuren und Basen im Harn.

1) Kohlensäure. Die Menge der Carbonate ist zu gering, um durch Zusatz von Salzsäure Entwicklung gasförmiger Kohlensäure zu geben; die frei gemachte Kohlensäure bleibt absorbirt. Fällt man jedoch eine grössere Menge Harn mit Bariumchlorid aus, und sammelt den Niederschlag (wesentlich aus Phosphat, Carbonat und Sulphat bestehend)

auf einem Filter, so erkennt man, wenn man denselben in wenig Wasser bringt, und Salzsäure zusetzt, starkes Aufbrausen. Nimmt man statt Chlorbarium eine Mischung von Chlorbarium und Barytwasser (oder die zur Liebig'schen Harnstofftitrirung dienende Barytmischung), so wird auch die freie Kohlensäure des Harns mit ausgefällt. Pferde- und Kuhharn enthalten soviel Carbonat, dass sie mit Säuren stark aufbrausen.

2) Chlorwasserstoffsäure. Die Gegenwart von Chloriden wird durch Zusatz von Silbernitrat und chlorfreier Salpetersäure (käsiger Niederschlag) nachgewiesen.

3) Schwefelsäure. Der durch Chlorbarium entstehende Niederschlag (s. oben) löst sich auf Zusatz von Salzsäure zwar grossentheils (Phosphat, Carbonat), aber nicht vollständig; der sich nicht lösende Theil ist Sulphat.

4) Phosphorsäure. Da der Harn stets Magnesium- und Ammoniaksalze enthält, so bedarf es nur alkalischer Reaction, um einen Theil der Phosphorsäure, nämlich so viel, wie der geringen Menge Magnesium entspricht, als Magnesium-Ammonium-Phosphat (Tripelphosphat) zur Ausscheidung zu bringen. Daher scheidet sich bei der alkalischen Harngährung stets Tripelphosphat, und zwar in einzelnen glashellen sargdeckelförmigen Krystallen ab, welche sich in Essigsäure sofort lösen. Ebenso giebt blosser Ammoniakzusatz zu frischem Harn eine Trübung von Tripelphosphat. Um alle Phosphorsäure des Harns als Tripelphosphat abzuscheiden, also eine ausgiebige Phosphatreaction zu erhalten, muss man natürlich Magnesiumsulphat und zweckmässig auch Ammoniumchlorid zusetzen, und ausserdem mit Ammoniak alkalisch machen.

5) Oxalsäure. Die sehr geringe Oxalsäuremenge des normalen menschlichen Harns weist sich wegen des gleichzeitigen Kalkgehaltes ebenfalls von selbst nach, durch die Bildung briefcouvertförmiger Krystallchen von Calciumoxalat, welche man im Bodensatz des Harns in einem Spitzgläschen nach einigen Stunden findet. Characteristisch für dieselben

ist, dass sie sich in Essigsäure nicht lösen, wohl aber in Salzsäure.

6) Unorganische Basen. Magnesium weist sich, wie oben unter 4) bemerkt, auf Zusatz von Ammoniak durch die Tripelphosphatbildung nach; Phosphat braucht nicht zugesetzt zu werden, da die Menge der Phosphorsäure im Harn weit grösser ist, als zur Fällung alles Magnesiums nöthig; Calcium ist dagegen reichlicher vorhanden, als das Aequivalent der vorhandenen Oxalsäure (s. unter 5); um alles Calcium auszufällen, setzt man oxalsaures Ammoniak und Essigsäure zu; der entstehende geringe Niederschlag ist Calciumoxalat; in Salzsäure löst er sich. Zum Nachweise des Kalium und Natrium muss man Harn veraschen; der Kaliumgehalt der Asche wird durch Ausfällung ihrer wässrigen Lösung mit Platinchlorid, der Natriumgehalt durch die Flamme nachgewiesen. Der Gehalt an Ammoniaksalzen ist im frischen Harn gering; ein exacter Nachweis ist schwierig; das gewöhnliche Verfahren, das Ammoniak durch Natron frei zu machen, und durch Nebelbildung mit Salzsäure, Geruch, und Bläuung feuchten rothen Lacmuspapiers nachzuweisen, ist trügerisch, weil Natron organische Harnbestandtheile unter Ammoniakbildung zersetzen kann.

c. Nachweis und Eigenschaften des Harnstoffs. Im Hundeharn tritt der Harnstoff nach starkem Einengen und Abkühlen in Krystallen auf. Um ihn im menschlichen Harn nachzuweisen, ist es am einfachsten, ein Quantum zur Syrupconsistenz einzudampfen, und einen Tropfen auf dem Objectträger mit roher Salpetersäure zusammenzubringen; es entstehen die characteristischen Krystalle von Harnstoffnitrat. Mit reinem, synthetischem oder aus Harn dargestelltem Harnstoff werden folgende Versuche angestellt. Die Substanz löst sich in sehr wenig Wasser unter leicht fühlbarer Temperaturerniedrigung, ebenso leicht in Alkohol. Die wässrige Lösung giebt mit starker Salpetersäure sofort oder nach einiger Zeit einen krystallinischen Niederschlag; von Mercuri-

nitrat wird sie gefällt; Zusatz eines löslichen Chlorids löst den Niederschlag wieder auf. Man bringt einen Tropfen Quecksilber in ein Probirglas und setzt etwas Salpetersäure zu. Nach kurzer Zeit, bei gelindem Erwärmen sofort, beginnt eine Entwicklung von Stickoxydgas, und die Luft im Probirglase färbt sich durch Untersalpetersäurebildung bräunlich. Fügt man jetzt etwas Harnstofflösung hinzu, so entsteht lebhaftes Aufbrausen, und das braune Gas wird augenblicklich durch farbloses verdrängt; der Harnstoff oxydirt sich nämlich zu Wasser, Stickstoff und Kohlensäure; die beiden Gase treten in gleichen Aequivalenten, also gleichem Volumen auf ($CH_4N_2O + 3\,O = 2\,H_2O + CO_2 + N_2$).

d. Nachweis und Eigenschaften der Harnsäure. Menschlicher Harn wird mit Salzsäure kräftig angesäuert und aufbewahrt. Am folgenden Tage findet man den Harn dunkel rothbraun gefärbt, und am Boden des Gefässes, sowie auf der Oberfläche schwimmend, Krystalle, welche unter dem Microscop characteristische Packete von grade abgestumpften Prismen. meist mit etwas convexen Seitenflächen zeigen; dieselben sind durch anhaftenden Harnfarbstoff braun gefärbt. Sammelt man die Krystalle auf einem Filter, so kann man sie durch die Murexidprobe als aus Harnsäure bestehend erkennen; die Murexidprobe übt man vorher mit etwas reiner Harnsäure oder Vogelharn. Die Substanz wird auf einen porzellanenen Tiegeldeckel gebracht, den man mit der Tiegelzange hält, einige Tropfen Salpetersäure zugefügt, und vorsichtig durch Schwenken in der Flamme zur Trockne abgedampft. Der Rückstand ist zwiebelroth, und wird durch einen Tropfen Ammoniak purpurroth, durch einen Tropfen Kali blauviolett. — Etwas frischer Vogelharn wird unter dem Microscop untersucht; er besteht aus kleinen Uratkügelchen in einer eiweiss- und schleimhaltigen sauren Masse. Auf Zusatz von Salzsäure verwandeln sich die Kugeln in rhombische Täfelchen von Harnsäure. — Harn, welcher Harnsäuresedimente enthält, wird aus der Klinik beschafft, und die

Sedimente microscopisch untersucht. Schüttelt man das Sediment auf, und erwärmt den Harn, so löst es sich klar, und scheidet sich beim Abkühlen wieder ab.

e. Nachweis der Hippursäure. Etwas frischer Pferde- oder Kuhharn wird beschafft; beide sind kräftig alkalisch, ersterer stark trübe, letzterer klar. Auf Zusatz von Salzsäure brausen beide stark auf, und der Pferdeharn wird klar. — Der Harn wird mit Kalkmilch geschüttelt und kurze Zeit gekocht, heiss filtrirt, und das abgekühlte Filtrat mit Salzsäure übersättigt, welche durch Zersetzung des gebildeten hippursauren Kalks die in kaltem Wasser schwer lösliche Säure in prismatischen Krystallen mit schiefen Endflächen abscheidet. Erhitzt man die Krystalle mit starker Salpetersäure in einem Röhrchen, so entsteht der Geruch des Nitrobenzols. Diese Reaction giebt auch Benzoësäure, welche ebenfalls prismatische Krystalle, aber mit graden Abstumpfungen bildet.

130.

Hautresorption beim Frosche. Verbreitungsweise der Gifte.

Einem Frosche wird die eine Art. iliaca communis unterbunden (**25**), einem andern der eine Plexus ischiadicus durchschnitten (**54**), und hierauf jeder der beiden Frösche mit Läppchen und Bindfaden so zusammengebunden, dass nur das operirte Hinterbein frei bleibt; dies Bein wird durch ein Gewicht beschwert, und beide Frösche so aufgehängt, dass das herabhängende Bein in eine Lösung von Strychninnitrat bis zum Knie hineinragt. In gewissen Intervallen werden die Frösche abgespült, losgebunden, nach Abnahme des Gewichtes hingelegt, und durch Aufklopfen auf den Tisch auf den Eintritt der Vergiftung (Streckkrampf) geprüft. Der Frosch mit durchschnittenem Plexus zeigt schon nach kurzer Zeit die Vergiftung (das gelähmte Bein nimmt natürlich am Krampfe nicht Theil), der andere auch nach längerer Zeit nicht. Der Versuch beweist erstens die centrale Natur der

Vergiftung, zweitens dass das Gift nur auf den Wege des Kreislaufs, und nicht auf nervösem Wege zu den Centralorganen gelangt.

Hat man vor dem Versuch das Gehirn abgetrennt (57), so bedarf es keiner Einbindung; man lässt das nicht operirte Bein neben dem Strychningefäss herabhängen. Der Eintritt der Vergiftung kann dann ohne Weiteres durch Erschütterung constatirt werden. Der Versuch beweist dann zugleich, dass das Rückenmark für die Strychninwirkung genügt.

Statt ein Bein in Strychninlösung zu hängen, kann man auch etwas Lösung in einen Lymphsack injiciren (am Fuss); der Versuch ist dann bequemer und kürzer. Man muss aber äusserst wenig Lösung nehmen, weil sonst auch vom circulationslosen Beine aus durch Diffusion Vergiftung erfolgen kann.

131.

Subcutane Resorption und Ausscheidung durch den Harn.

Einem Kaninchen wird die Blase entleert (127) und der Harn bei Seite gestellt. Hierauf werden dem Thiere an verschiedenen Körperstellen ziemlich starke Lösungen von Jodnatrium und von Ferrocyannatrium mit Pravaz'schen Spritzen subcutan injicirt. Nach einer halben Stunde wird wieder Harn entnommen. Eine Portion desselben wird mit dünnem Stärkekleister und entweder mit rauchender Salpetersäure oder mit Kaliumnitritlösung und verdünnter Schwefelsäure versetzt; die eintretende Bläuung zeigt den Gehalt des Harns an Jodid an. Eine andere Portion wird mit Salzsäure angesäuert und mit Eisenchlorid versetzt; das entstehende Berlinerblau beweist den Gehalt an Ferrocyanid. Schliesslich überzeugt man sich, dass der ursprüngliche Harn keine der beiden Reactionen giebt.

VII. Versuche am Blute.

132.

Microscopische Untersuchung des Blutes.

Ein Tropfen Menschenblut, durch Einstich gewonnen, wird auf den Objectträger gebracht, und sofort ohne Druck mit einem Deckglase bedeckt. Schon nach kurzer Zeit haben sich die Blutkörper in Geldrollenform aufgereiht. Durch Bewegen des Deckglases gewinnt man Bilder der Blutkörper in den verschiedensten Lagen, und erkennt ihre biconcave Gestalt und ihre Kernlosigkeit. Ferner sieht man die spärlichen farblosen Blutkörper, deren Gestalt besser nach Verdünnung mit Blutserum oder 0,6-procentiger Kochsalzlösung studirt wird. Hier kann auch eine Beobachtung der Contractilitätserscheinungen mit dem heizbaren Objecttisch eingeschaltet werden.

Ferner wird frisch entleertes Blut vom Hunde, Kaninchen, einem Vogel, vom Frosch und von einem Fisch microscopisch ohne Verdünnung und mit den erwähnten Verdünnungen untersucht.

133.

Blutgerinnung. Fibrin.

Einem Hunde, am besten nach Anstellung eines der in **93—95** erörterten Versuche, wird eine reine und mit geschmolzenem Vaselin innen benetzte Glascanüle in eine freigelegte und abgeklemmte Arterie eingeführt, an diese ein

ebenfalls mit Vaselin behandelter Kautschukschlauch, der bis an den Boden eines Becherglases reicht, angefügt; Canüle, Schlauch und Becherglas, letzteres zu einem Drittel, werden mit reinem, bestem Olivenöl gefüllt Durch Lüftung der Klemme lässt man nun Blut unter das Oel des Becherglases einströmen, und stellt dasselbe gut bedeckt auf ein Consol. Ein anderes Becherglas wird ohne Oel mit Blut gefüllt, ein drittes ebenso, aber sofort etwas gesättigte Sodalösung hinzugefügt, und ein viertes grösseres, unter beständigem Schlagen mit einem Holzstäbchen, mit Blut gefüllt.

Das unter Oel aufgefangene Blut findet man noch nach Stunden flüssig (erkennbar durch Neigen des Glases). Das ohne Oel aufgefangene Blut gerinnt nach einigen Minuten, und das Gerinnsel zieht sich bei ruhigem Stehen bis zum andern Tage, am besten an einem kühlen Orte, stark zusammen, einen verjüngten Abguss des Gefässes bildend, und presst bernsteingelbes Serum aus, welches man am folgenden Tage mit einer Pipette abhebt. (Das Serum wird u. A. zum Nachweis seines hohen Albumingehaltes benutzt: in ein Probirglas gebracht, welches in einem Wasserbade steckt, wird es beim Erhitzen vollkommen fest.) Das mit Soda versetzte Blut gerinnt überhaupt nicht. Das geschlagene Blut setzt am Stäbchen sein Fibrin als rothe Masse ab, und bleibt dauernd flüssig. Das Fibrin wird durch Waschen unter der Wasserleitung farblos, und wird, ebenso wie ein Stückchen Blutkuchen, microscopisch untersucht. Unter dem Polarisationsmicroscop zeigen sich die Fibrinfasern doppeltbrechend.

Ein Stückchen Fibrin wird in einem Probirglase mit Wasserstoffsuperoxyd übergossen; es bedeckt sich sofort mit feinen Gasbläschen, durch welche es an die Oberfläche getrieben wird. Ein Stück vorher gekochten Fibrins (beim Kochen sieht man die Fasern sich verkürzen und verdicken) zeigt diese Erscheinung nicht. Stürzt man ein mit Wasserstoffsuperoxyd gefülltes Probirglas pneumatisch in Quecksilber um, und führt so viel ungekochtes Fibrin ein, dass sich

eine erhebliche Gasschicht ansammelt, so kann man mit einem glimmenden Spähnchen, das man in das mit dem Daumen verschlossen herausgehobene und aufgerichtete Röhrchen einsenkt, das Gas als Sauerstoffgas erkennen.

134.

Müller's Fibrinversuch.

Man bringt in ein kleines Gläschen einige ccm 2-procentiger Rohrzuckerlösung, und lässt einen geköpften Frosch unter beständigem Rühren mit einem dünnen Glasstäbchen in die Lösung ausbluten. Die Mischung bringt man auf ein kleines Faltenfilter aus schwedischem Filtrirpapier, welches man vorher mit der Zuckerlösung benetzt hat, und fängt das Filtrat in einem Uhrglase auf. Nach einiger Zeit ist das etwas röthliche Filtrat gallertig geronnen. Sucht man das Gerinnsel mit einer Präparirnadel in die Höhe zu ziehen, so zieht es sich sehr schnell zu einem immer kleiner und fester werdenden Klümpchen zusammen.

135.

Brücke's Gerinnungsversuch.

In einer langen Quecksilberwanne (mit Glasborden, wie sie zur Gasanalyse dient) werden zwei Probirgläser durch Einlegen mit Quecksilber gefüllt, die Luftblasen durch geeignete neigende und klopfende Bewegungen herausgeschafft, und beide Gläser pneumatisch aufgerichtet, und mittels zweier Retortenhalter befestigt.

Hierauf werden zwei grossen Fröschen die Herzen blosgelegt (**79**), und an jedem beide Aorten mit einer Ligatur verschlossen. Das Herz, welches kein Blut mehr entleeren kann, füllt sich sehr stark an. Ein zweiter Faden wird so unter das Herz herumgelegt, dass er beim Zuziehen alle venösen Zuflüsse ebenfalls absperrt. Das so vollkommen geschlossene und prall mit Blut gefüllte Herz wird ausge-

schnitten. Das eine Herz lässt man, nachdem man es unter das Quecksilber versenkt hat, in dem einen Probirglas aufsteigen, so dass es in dessen Kuppe erscheint und hier seinen Schlag fortsetzt. Das andere Herz wird ebenfalls unter das zweite Probirglas gebracht, so dass es in demselben aufzusteigen sucht, wird aber mittels des einen Ligaturfadens festgehalten. Man geht nun, während ein Assistent das Probirglas in geneigter Lage festhält, mit einer feinen Scheere in dasselbe ein, und schneidet das Herz an; das Blut tritt aus, und steigt in die Kuppe des Gefässes; das entleerte Herz wird herausgezogen.

Nachdem die Vorrichtung 24 Stunden an einem kühlen Orte gestanden hat, findet man das über Quecksilber entleerte Blut geronnen. Schon von aussen erkennt man, dass es einen Kuchen und Serum gebildet hat. Hebt man das Glas in die Höhe, so dass das Quecksilber ausfliesst, so sieht man den kleinen Blutkuchen am Glase haften. Man lässt nun auch aus dem anderen Glase das Quecksilber ausfliessen, bringt das Herz, welches meist schon todt und starr ist, auf ein Uhrglas und schneidet es an. Man erkennt, dass das in ihm enthaltene Blut völlig flüssig geblieben ist und ausfliesst. Nach einigen Minuten gerinnt es sehr deutlich. (Der Versuch beweist weniger den gerinnungshindernden Einfluss der lebenden Gefässwand, als den der Gefässwand überhaupt im Vergleich mit Quecksilber und Glas.)

136.

Wirkung der Blutkörper auf die Durchsichtigkeit und Farbe des Blutes.

Von 3 Portionen defibrinirten Blutes (aus dem Schlachthause), welche sich in 3 gleichen Glascylindern befinden, wird die eine mit etwa einem Drittel ihres Volums destillirtem Wasser, die zweite mit ebensoviel einer etwa 10-procentigen Kochsalzlösung versetzt, die dritte bleibt unverändert. Die

erste Portion wird trotz der Verdünnung sehr dunkel, fast schwarz, ist aber in dünnen Schichten durchsichtig geworden; die zweite ist im Gegentheil hell ziegelroth. Das Microscop zeigt in der ersten die Blutkörper kuglig aufgequollen und entfärbt (d. h. der Farbstoff ist gleichmässig in der ganzen Masse vertheilt), in der zweiten zackig geschrumpft. Vollkommen auflösend wirken auf die Blutkörper Aether, Chloroform (in Dampfform mit Luft einzuleiten, welche durch Chloroform gegangen ist), sehr kleine Mengen Alkohol (ebenso zu verfahren, aber der Alkohol zu erwärmen), Lösungen gallensaurer Alkalien. Alle diese Zusätze machen das Blut fast schwarz, und in dünner Schicht durchsichtig (lackfarben).

137.

Rollett's Versuch über Aufhellung des Blutes.

Auf einen Objectträger wird ein Tropfen defibrinirten Blutes gebracht, und mit einem Deckglase bedeckt, so dass der ganze Raum unter dem Deckglase mit einer dünnen gleichmässigen Blutschicht erfüllt ist. Aus Kochsalzthon macht man zwei kleine Lager, welche man auf den Objectträger drückt, so dass sie mit einem spitzen Vorsprunge das Deckglas grade berühren, und zwar an zwei axial einander gegenüberliegenden Puncten. Jetzt leitet man die secundären Ströme eines Funkeninductors den Thonlagern mittels eingesteckter Drähte zu. Schon nach einer Minute oder früher sieht man das Blut an den Thonlagern dunkel (im auffallenden Lichte) und durchsichtig werden, im durchfallenden Lichte also heller, und diese Veränderung schreitet nach der Mitte, sich verbreiternd, vor. Ihre Grenzcurve fällt mit einer Spannungscurve der Ströme zusammen.

Hier können Versuche mit Auflösung der Blutkörperchen durch wiederholtes Gefrieren, gallensaure Salze u. dgl. eingeschaltet werden.

138.

Entgasung des Blutes.

Die Quecksilber-Gaspumpe und ihre Anhangsapparate werden durch Reinigung sämmtlicher Schliffe mit Leinwandlappen (zum Putzen der Hohlschliffe dient ein mit Leinwand umwickelter runder Holzstab), und Einfettung derselben [1]) in tadellosen Zustand versetzt. Hierauf wird Alles zusammengesetzt und die Anhangsapparate völlig evacuirt. Nach Beginn der Evacuirung werden alle Schliffe ein wenig bewegt, um ihren Schluss zu sichern. Bei der Evacuirung lässt man nur anfangs jedesmal nach Senkung der Füllkugel Luft in den Stiefel einströmen; später wird nur die in den Stiefel abgesogene Luft nach Schluss des Haupthahns [2]) durch Heben der Füllkugel comprimirt, und schliesslich ins Freie entleert; man spart hierdurch einerseits Zeit, weil das Quecksilber in den luftverdünnten Raum rascher aufsteigt, und sieht andrerseits an dem Quantum der jedesmal gesammelten Luft das Fortschreiten der Evacuirung weit sicherer, als an der Barometerprobe. Nur muss gegen Ende der Evacuirung das Heben der Füllkugel sehr vorsichtig geschehen, damit nicht, wenn wenig oder keine Luft mehr da ist, das Quecksilber gewaltsam gegen die Stiefelkuppe schlägt.

Soll Blut aus der Arterie des lebenden Thieres (Hundes) evacuirt werden, so muss der Blutrecipient (die „Blutkugel") nach Schluss der beiden Zwischenhähne vom Schaumgefäss abgenommen und leer gewogen werden. Dann wird die axiale Bohrung des Pokrowsky'schen Hahnes mit der Arterie verbunden (welche wie in **93** abgeklemmt und mit einer Canüle ver-

---

[1]) Zur Einfettung dient Hammeltalg, welchen man mit etwa einem Drittel Olivenöl und einigen Tropfen Terpenthinöl zum Schmelzen bringt und staubfrei aufbewahrt.

[2]) Soll der Haupthahn völlig geschlossen sein, d. h. den Stiefel sowohl gegen die Luft, als gegen die Anhangsapparate absperren, so muss er (bei den gewöhnlichen Pumpen) eine bestimmte schräge Griffstellung haben.

sehen ist); man lässt durch Lüftung der Klemme Blut durch die Bohrung ausfliessen, und dreht dann den Hahn um 90°, so dass das Blut in die Kugel spritzt, wobei man dem Hahn nur wenig Oeffnung geben darf. Hierauf wird der Hahn wieder zurückgestellt, die Arterie verschlossen, die Blutkugel von ihr getrennt, und nach Entleerung der Hahnbohrung wieder gewogen. Die Differenz der Gewichte ergiebt den Blutgehalt.

Nach Wiederansetzung der Kugel an das Schaumgefäss muss zunächst die zwischen beiden Hähnen enthaltene Luft nach Oeffnung des oberen evacuirt werden. Jetzt setzt man oberhalb des Haupthahns, statt des bis dahin aufgesetzten Wattetrichters das Gasableitungsrohr an, welches in eine Quecksilberwanne mündet, hebt das Quecksilber mittels der Füllkugel bis an den Hahn, öffnet denselben, und lässt es die Luft aus dem Ableitungsrohre verdrängen. Nun bringt man ein mit Quecksilber gefülltes getheiltes Gasanalysenrohr über die Mündung des Ableitungsrohres.

Nach Oeffnung des Abschlusshahnes der Blutkugel, welche letztere in ein von unten gehobenes 50° warmes cylindrisches Wasserbad eingetaucht ist, kocht das Blut in das Schaumgefäss hinein, und die Entleerung der Blutgase beginnt. Ab und zu sammelt man die Gase durch Abschluss des Haupthahns und Heben der Füllkugel, und treibt sie in das Gasrohr über. Der Hahn zwischen dem Trockenapparat und dem Stiefel darf immer nur temporär geöffnet werden, damit nicht Wasser in den Stiefel überdestillirt, und sich im Gasrohr ansammelt. Die Evacuirung wird fortgesetzt, bis kein Gas mehr erhalten wird. Das Blut wird dabei äusserst dunkel, bläulichroth und in dünner Schicht intensiv grün.

Für blosse Uebungsversuche verwendet man zweckmässig defibrinirtes Blut aus dem Schlachthause, welches man im Wasserbade auf 40—50° erwärmt, und ohne die Blutkugel abzunehmen, durch Horizontalstellung des Schaumgefässes, so dass die Bohrung des Pokrowsky'schen Hahnes nach unten

sieht, aus einer untergehaltenen Schale in die Kugel einströmen lässt. Das Gewicht lässt sich annähernd durch Wägung der Schale vor und nachher feststellen.

Das gewonnene Gas wird entweder nach allen Regeln der Gasanalyse weiter behandelt, oder die Practicanten verschaffen sich nur folgendermassen ein ungefähres Bild. Das Volum des Gases wird am Rohre abgelesen, und mittels der Calibrirungstabelle des letzteren, unter Berücksichtigung der Niveaudifferenz und Temperatur, in ccm (für 0^0 und 1 Atm.) und in Volumprocenten des Blutes ausgedrückt. Hierauf führt man eine Kalikugel ein, und zeigt die starke Volumabnahme. Der Rest entflammt einen glimmenden Holzspahn, besteht also grösstentheils aus Sauerstoff.

139.

Wirkung einiger Gase auf das Blut.

Die gröberen Versuche dieser Art macht man mit weithalsigen Flaschen von etwa 50—100 ccm Inhalt, welche gut schliessende Glasstöpsel haben. Sie werden nur etwa zu einem Drittel mit defibrinirtem Blute gefüllt, und auf einen Porzellanuntersatz gestellt, zur Aufsammlung des überlaufenden Schaumes. Die Gase werden nur kurze Zeit durchgeleitet (mittels eines auf den Boden reichenden Glasrohres), bis man sicher ist, dass die Luft, resp. das vorige Gas, aus der Flasche verdrängt ist; dann verschliesst man, schüttelt kräftig und wiederholt die Einleitung noch ein- bis zweimal. Zum Arteriellmachen dunklen Blutes wirkt Sauerstoffgas (aus einem Gasometer) weit rascher als Luft, zum Dunkelmachen arteriellen Blutes Kohlensäure weit rascher als Wasserstoff oder Stickstoff; so rasch wie Kohlensäure wirkt auch Stickstoffoxydulgas. Das Hellrothmachen vollzieht sich weit schneller als das Dunkelmachen.

Kohlenoxydgas bereitet man am besten durch Erhitzen von 1 Theil Oxalsäure und 5 Theilen englischer

Schwefelsäure in einer Kochflasche auf dem Sandbade. Man leitet das entstehende Gemisch von gleichen Volumen Kohlenoxyd und Kohlensäure durch 1 oder 2 Waschflaschen mit Natronlauge zunächst in ein Gasometer ein, und treibt es später aus diesem nochmals ganz langsam durch zwei Flaschen mit Natronlauge in ein zweites Gasometer über[1]). Schütteln dunkelrothen Blutes mit Kohlenoxyd (beim Einleiten Vorsicht!) macht dasselbe sofort hellroth. Die Farbe ist aber wesentlich verschieden von der durch Sauerstoff hervorgebrachten, wie man bei Vergleichung dünner Wandschichten leicht sieht; diese sind beim Kohlenoxydblut bläulich, beim arteriellen gelblich. Zwei Probirgläser mit Kohlenoxyd- und arteriellem Blut werden in einem Wasserbade erhitzt. In beiden tritt (wie im Serum, vgl. **133**) feste Coagulation ein; das Kohlenoxydblut bleibt aber dabei rothbraun, das arterielle wird schmutzig graubraun. In zwei Porzellanschalen werden beide Blutarten mit dem gleichen Volum Kalilösung versetzt; das Kohlenoxydblut bleibt roth, das arterielle wird schwarz. Aehnlich verschieden ist auch das Verhalten gegen Alkohol. Weitere Versuche mit Kohlenoxydblut s. in **144**.

Schwefelwasserstoffgas (Vorsicht! unter der Capelle oder im Freien) macht das Blut beim Durchleiten oder Schütteln zuerst sehr dunkel und dichroitisch, dann braun, endlich schmutzig grün. Weiteres in **144**.

140.

Wirkung der Säuren und Alkalien auf das Blut. Häminkrystalle.

Säuren, welche das Eiweiss nicht coaguliren, namentlich Phosphorsäure und Essigsäure, zu Blut gesetzt, verwandeln die rothe in eine braune Farbe; vorher wird das Blut durch

---

[1]) Das Waschen während der Entwicklung selbst reicht durchaus nicht hin, die Kohlensäure zu beseitigen, weil die Entwicklung meist zu stürmisch ist.

Zerstörung der Blutkörper dunkel und lackfarben (**136**). Concentrirte Essigsäure kann das Blut durch Bildung von Säurealbuminat zum Gelatiniren bringen. Bei Zusatz von wenig Säure zu verdünntem Blute befördert Erhitzen die Bildung des braunen Farbstoffes.

Kohlensäure, aus einem Kipp'schen Apparat durch mehrere Waschflaschen mit Wasser in sehr stark verdünntes Blut geleitet, liefert sehr allmählich eine flockige Globulinabscheidung, welche theils von fibrinoplastischer Substanz, theils von Zersetzung des Hämoglobins herrührt. Letztere ist dadurch nachweisbar, dass nach vielstündiger Einwirkung der Kohlensäure[1]) die rothe Farbe in eine braune übergeht, und die spectrale Untersuchung (**144**) neben oder statt der beiden Hämoglobinstreifen einen Streifen im Roth nachweist.

Concentrirte Natronlauge, zu unverdünntem Blut gesetzt, macht dasselbe ebenfalls dunkel und lackfarben, und bildet eine in der Wärme schmelzende Gelatine von Natronalbuminat. Verdünntes Blut, mit Ammoniak versetzt und erhitzt, zeigt ein plötzliches Dunkelwerden: das Blutroth ist in ein Granatroth verwandelt, und in dünnen Schichten ist die Flüssigkeit intensiv grün.

Zur Anstellung der Häminprobe benutzt man getrocknetes Blut. (Man hält dasselbe zweckmässig vorräthig; man giesst defibrinirtes Blut auf horizontale Glasplatten, z. B. ausgehobene Fensterflügel, aus, und kratzt es nach dem Eintrocknen mit dem Messer ab.) Ein sehr kleines Quantum Blutpulver bringt man auf einen Objectträger, thut ein Körnchen Kochsalz hinzu, bedeckt mit einem Deckglase, und bringt concentrirteste Essigsäure (sog. Eisessigsäure, weil sie in der Kälte krystallisirt) mit dem Glasstabe allmählich hinzu, bis sich der ganze Raum unter dem Deckglase durch

[1]) Man braucht nicht die Durchleitung des Gases so lange fortzusetzen, sondern es genügt, den mit Kohlensäure erfüllten Cylinder gut verschlossen stehen zu lassen.

Capillaranziehung mit der Säure gefüllt hat. Jetzt bewegt man den Objectträger vorsichtig durch eine kleine Flamme, bis die Säure einmal aufgekocht hat, ohne dass sie aber zur Trockne verdampfen darf. Nach dem Abkühlen untersucht man die braunen, noch feuchten Stellen bei nicht zu schwacher Vergrösserung (Hartnack 7 oder 8), und findet sie mit zahllosen graubraunen rhombischen Prismen oder Täfelchen von salzsaurem Hämatin durchsät.

141.

Darstellung von Blutkrystallen.

Defibrinirtes Hundeblut wird am besten zuvor mit Kohlenoxyd geschüttelt (**139**), dann mit kleinen Portionen alkoholfreien Aethers versetzt; es darf nur so viel zugesetzt werden, bis das Blut lackfarben wird (**136**). In der Regel findet man, wenn das Blut offen an einen kalten Ort gestellt wird, dasselbe am nächsten Tage in einen Krystallbrei verwandelt, von welchem ein Tropfen unter dem Microscop untersucht wird; er zeigt rubinrothe rhombische Prismen. Durch sehr vorsichtiges Abstumpfen der alkalischen Reaction, am besten mit etwas saurem Natriumphosphat, kann man das Auskrystallisiren befördern, ebenso indem man einen Tropfen auf dem Objectträger etwas eindunsten lässt (was aber seltener zum Ziele führt). Die Reindarstellung des Hämoglobins durch Umkrystallisiren liegt ausserhalb der Practicum-Aufgaben.

Sehr geeignet zur Gewinnung von Krystallen ist auch Pferdeblut; das Verfahren ist dasselbe. Oft erhält man hier rhombische oder hexagonale Tafeln.

Meerschweinchenblut, ebenso behandelt, liefert äusserst leicht rhombische Tetraeder.

142.

Nachweis des Eisengehaltes im Blute.

Am besten hält man Blutasche im Laboratorium vorräthig, welche röthlichbraun aussieht. Man übergiesst ein kleines Quantum in einem Probirgläschen mit Wasser, fügt einen Tropfen reiner Salzsäure zu, und kocht auf, wobei Kohlensäureentwicklung stattfindet. Die Flüssigkeit färbt sich durch Entstehung von Eisenchlorid gelb. Nach Filtration giebt Zusatz von etwas Ferrocyankalium blaue oder grünblaue Färbung und bis zum anderen Tage einen Niederschlag von Berlinerblau.

143.

Spectroscopische Untersuchung des Blutes.

Das Fernrohr des Spectralapparates (das zur Vergleichung zweier Spectra bestimmte kleine Vorsetzprisma am Spalt wird zweckmässig für den ersten Gebrauch des Apparates ganz entfernt) muss zunächst genau auf den Spalt eingestellt werden. Hierzu richtet man den Spalt gegen den Himmel, verengt ihn stark, und stellt das Fernrohr so ein, dass die Fraunhofer'schen Linien scharf erscheinen. (Horizontale Linien, welche bei sehr engem Spalt auftreten, rühren von Stäubchen im Spalte her.)[1])

Hierauf wird der Apparat gegen eine Gaslampe mit Cylinder gerichtet und zwischen Lampe und Spalt die Kammer des Hämoscopes aufgestellt; dieselbe wird mit sehr stark verdünntem Blute gefüllt. Durch successive Veränderung der Schichtdicke erscheinen alle Stadien der Absorption, bei geringster Dicke zwei schmale Streifen im Gelbgrün, welche

[1]) Spectralapparate mit mehreren Prismen, wie sie zur Untersuchung des Sonnenspectrums u. dgl. dienen, sind zur Blutuntersuchung ungeeignet, weil sie die Absorptionsstreifen zu sehr verbreitert und verwaschen erscheinen lassen, und ein zu kleines Gesichtsfeld haben.

sich bei grösserer Dicke verbreitern und dunkler werden, endlich zu einem breiten Streifen verschmelzen. Zugleich sieht man eine Absorption im Blau und Violett, welche dunkler und breiter wird. Bei sehr dicker Schicht vereinigt sie sich mit derjenigen im Gelbgrün; zugleich tritt eine Absorption im äussersten Roth auf, so dass überhaupt nur ein Theil des Roth sichtbar bleibt.

Der Anfänger thut gut, die Blutschicht einmal auch zwischen Auge und Fernrohr, statt zwischen Spalt und Lampe zu bringen. Auch so sieht man die Absorptionsstreifen. Ebenso würde es sein, wenn die Blutschicht sich zwischen Spalt und Prisma, oder zwischen Prisma und Fernrohr befände.

Ferner wendet man, statt des gewöhnlichen geknickten Spectralapparates, auch einen ohne Ablenkung (à vision directe)

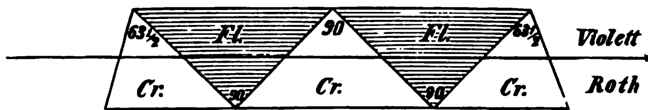


Fig. 24.

an; derselbe enthält eine Combination von Flint- und Crownglasprismen, durch welche, umgekehrt wie bei der achromatischen Prismen- oder Linsencombination, die ablenkende Wirkung der Prismen compensirt ist, aber nicht die farbenzerlegende.

Die Brechungsindices der beiden Glassorten seien

	Crownglas Nr. 9.	Flintglas Nr. 13.
für Roth (Linie B)	1,5258	1,6277
„ Grün (Linie E)	1,5330	1,6420
„ Violett (Linie H)	1,5466	1,6711.

Sollen die ablenkenden Wirkungen für die Mittelfarbe (Linie E) sich compensiren, so müssen sich in erster Annäherung die brechenden Winkel der Prismen umgekehrt wie die um 1 verminderten Indices für E verhalten, d. h. $\measuredangle$ Flint: $\measuredangle$ Crown $=$ 533 : 642. Dies würde z. B. durch die in Fig. 24 dargestellte

Combination erreicht, d. h. durch 2 Flintprismen von zusammen 180° und 3 Crownprismen von zusammen 217°. Jedoch sind die Winkel in Wirklichkeit andere, weil die zu Grunde gelegte Berechnung nur für sehr kleine Winkel genau sein würde. Um zu sehen, nach welcher Seite das Roth erscheint, erwäge man, dass die Crownprismen für sich ein Spectrum geben würden mit Roth nach oben in der Figur, die Flintprismen umgekehrt ein solches mit Roth nach unten. Da aber die Dispersion des Flintglases sehr viel grösser ist, und der Unterschied durch die Differenz der Prismenwinkel durchaus nicht ausgeglichen wird, so ist die Flintwirkung die entscheidende, d. h. das Roth erscheint nach unten.

Will man die Wirkung verschiedener Schichtdicken rasch nach einander sehen, so benutzt man ein prismatisches Gefäss mit sehr spitzem Winkel für die Blutlösung, und verschiebt dasselbe zwischen Flamme und Spalt. Um ferner die Wirkung verschiedener Schichtdicken in der bekannten Absorptionsfigur über einander vereinigt zu sehen, braucht man ein prismatisches Gefäss, welches unten eng und oben weit ist. Ein solches kann man sich durch Zusammenkitten von 4 Glasplatten, denen eine fünfte als Basis dient, leicht herstellen; für die geringe Höhe des Spaltes genügt aber ein solches Hohlprisma auch mit sehr grossem Winkel nicht, sondern man muss mehrere solche Gefässe, sämmtlich mit sehr stark verdünnter Blutlösung gefüllt, hintereinander aufstellen.

Um die Lage der Absorptionsstreifen genauer zu bestimmen, beobachtet man bei Tageslicht, statt bei Lampenlicht, so dass die Fraunhofer'schen Linien zur Orientirung dienen. Da der Himmel eine schräge Aufstellung des Apparates erfordern würde, hilft man sich durch einen geeignet aufgestellten gewöhnlichen Spiegel.

Sehr zweckmässig ist es, die photographirte Scala des Seitenrohres durch eine Flamme zu beleuchten, so dass sie mit dem Spectrum sich deckend erscheint. Man dreht und verschiebt sie in ihrem Rohre so lange, bis sie genau horizon-

tal und vollkommen scharf gesehen wird. Man bestimmt die Scalenpuncte, welche den Fraunhofer'schen Linien *C, D, E, F* entsprechen, und giebt dann bei gewöhnlicher Lampenbeleuchtung die Grenzen der Absorptionsstreifen in Scalentheilen an.

144.

Veränderungen der Lichtabsorption des Blutes.

a. Verdünntes Blut wird in die Kammer des Hämoscops gebracht, etwas Stokes'sche Flüssigkeit[1]) zugesetzt, der Deckel aufgeschraubt, und durch mehrmaliges Ausziehen und Einschieben des Auszuges eine gleichmässige Mischung hergestellt. Dieselbe zeigt bei geeigneter Schichtdicke einen einzigen breiten verwaschenen Streifen, der die Stelle der beiden Streifen des Oxyhämoglobins einnimmt, sich aber weiter nach dem Roth hin erstreckt; an seiner Grenze gegen Roth hin zeigt er bei genauerem Zusehen eine schmale, mit der Linie *D* sich deckende unvollkommene Abgrenzung, ist also eigentlich ein Doppelstreifen. Dieselbe Absorption (des reducirten Hämoglobins) zeigt sich auch auf Zusatz von Schwefelammonium, welches aber langsamer wirkt, und ausserdem einen schmalen Absorptionsstreifen in Roth hervorbringt. Ferner sieht man den Streifen des reducirten Hämoglobins auch, wenn man das mit ausgepumptem Blute gefüllte Schaumgefäss (**138**), nachdem man durch Neigen eine dünne Wandschicht hergestellt hat, vor den Spalt bringt.

Um das reducirte Hämoglobin im Blute eines erstickten Thieres nachzuweisen (**113**), muss man das Blut vor Berührung mit Luft bewahren, welche sofort die beiden Streifen des

---

[1]) Die Stokes'sche Flüssigkeit wird folgendermassen bereitet: Ferrosulphatlösung (frisch bereitet) wird mit Lösung von Kalium-Natriumtartrat (Seignettesalz) versetzt und Ammoniak im Ueberschuss zugesetzt. Die entstandene dunkelgrüne Flüssigkeit wird in gut verschlossenen Flaschen aufbewahrt.

Oxyhämoglobins hervorbringen würde. Am einfachsten führt man ein lang ausgezogenes Glasrohr mit rundgeschmolzenem Ende durch die Jugularvene in die rechte Vorkammer ein, saugt dasselbe rasch voll Blut, und entleert etwas davon direct in das vorher mit etwas ausgekochtem Wasser beschickte Hämoscop, welches man sogleich verschliesst. Vollkommener ist die Anwendung besonderer für diesen Zweck construirter Quecksilberpipetten.

b. Mit Essigsäure versetztes und verdünntes Blut (**140**) zeigt mehrere verwaschene Absorptionsstreifen und einen schärfer begrenzten schmalen Streifen im Roth.

c. Mit Ammoniak behandeltes verdünntes Blut (**140**) zeigt hauptsächlich eine verwaschene Absorption in der Gegend der Linie *D*. Versetzt man dasselbe im Hämoscop mit Stokes'scher Flüssigkeit, so zeigen sich etwa an der Stelle der Oxyhämoglobinstreifen zwei schöne Absorptionsstreifen (Hämochromogen), von welchen der schmalere, nach dem Roth zu gelegene sich durch ungemeine Schwärze auszeichnet.

d. Kohlenoxydblut (**139**) zeigt zwei ähnliche Streifen wie arterielles, jedoch ist der dem Roth nähere dem anderen etwas näher gelegen, als im arteriellen Blute. Stickoxydblut (gewonnen durch Einleiten von Stickoxydgas in gewöhnliches oder Kohlenoxydblut) zeigt genau gleiche Lage der Streifen wie arterielles Blut. Versetzt man Kohlenoxydblut mit Stokes'scher Flüssigkeit oder Schwefelammonium, so ändert sich sein Spectrum nicht (vgl. oben), wodurch der Kohlenoxydgehalt am sichersten nachgewiesen wird. Ebenso verhält sich aber Stickoxydblut.

Ein Absorptionsrohr wird grösstentheils mit Quecksilber, der Rest mit arteriellem Blute erfüllt, mit dem Daumen verschlossen und in Quecksilber umgestürzt. Zu dem Blute lässt man aus einem Gasometer Kohlenoxydgas aufsteigen, liest das Volumen ab, verschliesst wieder mit dem Daumen, und schüttelt kräftig kurze Zeit. Nach dem Wiedereinsetzen

in Quecksilber findet man das Gasvolum unverändert; das Blut hat sich jedoch, wie Farbe und Spectrum zeigen, in Kohlenoxydblut verwandelt, d. h. das Kohlenoxydgas hat den Sauerstoff ausgetrieben, und zwar in gleichem Volumen oder Aequivalent.

Auf dem gleichen Wege wird nachgewiesen, dass Stickoxydgas Kohlenoxydblut in Stickoxydblut verwandelt, d. h. das Kohlenoxyd, wiederum in gleichem Volum oder Aequivalent, verdrängt; ferner dass Kohlenoxydblut durch Schütteln mit Sauerstoff nicht verändert wird. Die Affinität der drei Gase zum Hämoglobin ist also beim Sauerstoff am kleinsten, beim Stickoxyd am grössten.

Um nachzuweisen, dass trotzdem auch Kohlenoxyd (ebenso Stickoxyd) im Blute eine Tension ausübt, also durch physikalische Mittel austreibbar ist, biegt man ein mit mehreren kugligen Erweiterungen versehenes Glasrohr unter einem Winkel von etwa 70—80^0 um, und klemmt es so ein, dass die Knickung nach unten gerichtet ist, und der die Kugeln enthaltende Theil senkrecht steht. In dieses Rohr bringt man etwas Kohlenoxydblut, fügt an das untere Ende einen Schlauch an, und leitet gut gewaschenes Wasserstoffgas hindurch; das Blut vertheilt sich an den Wänden des Rohres und der Kugeln. Nach längerer Zeit ist das Blut dunkel und kohlenoxydfrei geworden.

e. Mit Schwefelwasserstoff behandeltes Blut (**139**) zeigt im ersten Stadium den Streifen des reducirten Hämoglobins, etwas später einen schmalen Streifen im Roth; sobald das Blut grün wird, zeigt es keine Absorptionsstreifen mehr.

145.

Bestimmung des Hämoglobingehaltes mit dem Fleischl'schen Hämometer.

Die eine Abtheilung der Doppelkammer wird zur Hälfte mit destillirtem Wasser gefüllt, hierauf das kleine mit dem Draht-

halter versehene Glasröhrchen mit dem zu untersuchenden Blute dadurch gefüllt, dass man es sich durch seine Capillarwirkung vollsaugen lässt, und sofort in das Wasser der Kammer gebracht, und sein Inhalt durch Hin- und Herbewegen mit demselben gleichmässig gemischt, während zugleich Wasser bis zur vollständigen Füllung der Kammerhälfte nachgefüllt wird. Hierauf wird die andere Kammerhälfte mit reinem Wasser gefüllt, und die Kammer so eingesetzt, dass der Rubinglaskeil sich unter der Wasserhälfte befindet. Bei reflectirtem Lampenlicht sucht man nun diejenige Keilstellung, bei welcher beide Kammerhälften gleich gefärbt erscheinen, und liest an der Scala ab, wie viel Procente des als normal zu Grunde gelegten Hämoglobingehaltes das Blut enthält.

Für normales Hundeblut reicht die Scala nicht aus; man muss sich selber ein etwas engeres oder kürzeres Röhrchen anfertigen, und den Theilstrich ermitteln, für welchen die Färbung stimmt; dieser Theilstrich bezeichnet dann die Norm für Hunde; wäre er z. B. 72, und man fände im Blute eines abnormen Hundes (z. B. nach langer Wasserentziehung) die Zahl 85, so bedeutet dies, dass dieses Blut $\frac{8500}{72} = 118\ \%$ der normalen Blutmenge enthält.

146.

Colorimetrische Bestimmung des Blutgehaltes eines Spülwassers.

Die schematische Ausführung dieses Versuches, welcher bei der Bestimmung der Blutmenge eines Thieres zur Anwendung kommt, geschieht mit defibrinirtem Blute von einem getödteten Thiere oder aus dem Schlachthause. Er erfordert zwei parallelwandige Glasgefässe von gleicher Schichtdicke (meist 1 cm), die sog. Hämatinometer. Das eine wird mit

dem zu untersuchenden verdünnten Blute gefüllt. In das andere bringt man ein genau abgemessenes Quantum Wasser (z. B. 20 oder 25 ccm). Vom unverdünnten Blute des gleichen Thieres bringt man eine auf das 10-fache Volum verdünnte Quantität in eine Burette, und lässt unter beständigem Umrühren mit dünnem Glasstabe so lange davon in das zweite Hämatinometer zufliessen, bis beide Gefässe, gegen den hellen Himmel gehalten, im durchfallenden Lichte gleiche Färbung zeigen. Der Blutgehalt des Spülwassers ist dann leicht zu berechnen.

147.

Zählung der Blutkörperchen.

Der Versuch wird mit frischem Hunde- oder Menschenblut angestellt. Der gewöhnlich verwendete Thoma'sche Apparat (von Zeiss), auf welchen wir uns hier beschränken, besteht in der Potain'schen Saugcapillare mit Ventilkugel (Mélangeur) und dem Zähl-Objectträger. Man saugt zunächst Blut in die Capillare bis zum Theilstrich 0.5 oder bis zum Theilstrich 1, und unmittelbar darauf physiologische Kochsalzlösung bis zum Theilstrich 101, bläst dann den Inhalt in ein kleines Gefässchen, und rührt ihn gut durch; im ersteren Falle ist das Blut auf das 200 fache, im zweiten auf das 100 fache Volum verdünnt.

Der Objectträger hat durch Ausschnitt eines aufgekitteten dünnen Glases eine Kammer von 0,1 mm Höhe; in diese bringt man ein Tröpfchen des verdünnten Blutes, welches die Kammer nicht ganz ausfüllen darf, und legt dann eins der beigegebenen ebenen Deckgläser vorsichtig auf. Auf dem Objectträger ist am Boden der Kammer eine quadratische Theilung angebracht, deren Linearabstände $^1/_{20}$ mm betragen, so dass jedes Quadrat eine Fläche von $^1/_{400}$ □mm hat; das jedem Quadrat entsprechende Flüssigkeitsvolum ist also

$^{1}/_{4000}$ cub.-mm. Man zählt nun in einer Anzahl der Quadrate bei entsprechender Vergrösserung die darin erscheinenden rothen und farblosen Blutkörper und multiplicirt die erhaltene Mittelzahl mit 4000 und mit dem Verdünnungscoëfficienten (200 resp. 100), um die Anzahl der Körper in einem cub.-mm des unverdünnten Blutes zu erhalten.

Nachträge.

Zu **7** (Seite 33), am Schluss hinzuzufügen:

Nach längerer Einwirkung einer Stromrichtung hat aus analogen Gründen die andere stets besonders starke Wirkung (weil die Oeffnungserregung des ersten und die Schliessungserregung des zweiten Stromes auf dieselbe Strecke fallen). Dies Verhalten, welches bei allen physiologischen Stromwirkungen auftritt (vgl. z. B. **36**), wird als „Volta'sche Abwechselungen" bezeichnet.

Zu **9 b** und **m** (Seite 41, 45).

Vortheile des Inductionsverfahrens zum Tetanisiren.

Der Anfänger hat sich klar zu machen, dass der Hauptvortheil des Inductionsapparates zum Tetanisiren in der Möglichkeit besteht, die Unterbrechungen selbstthätig durch den Wagner'schen Hammer bewirken zu lassen. Wollte man Kettenströme direct benutzen, so müsste man ein Unterbrechungsrad verwenden, welches mit der Hand gedreht werden muss; der Wagner'sche Hammer würde in einem Kettenkreise, welcher einen Nerven oder Muskel enthält, wegen des hohen Widerstandes nicht spielen. Sein Gebrauch wird erst dadurch möglich, dass man ihn in den wenig Wider-

stand enthaltenden primären Kreis des Inductoriums einschaltet, und den Nerven oder Muskel in den secundären Kreis. Andere Vortheile des Inductionsverfahrens liegen in der relativ grossen erregenden Wirkung der steil verlaufenden Inductionsströme und der bequemen Abstufbarkeit derselben durch die Verschiebung der secundären Spirale.

Zu **91** (Seite 144).

Die ausgiebige Oeffnung des Thorax beim Kaninchen geschieht folgendermassen. Nach Bloslegung des Sternum geht man mit einer starken krummen Nadel, welche mit einem Heft versehen ist (scharfer Schlingenführer), im 4. Intercostalraum, etwa 1 1/2 cm von der Medianlinie, auf einer Seite ein und symmetrisch auf der anderen Seite wieder aus, indem man beim Durchführen durch den Thorax sich möglichst nahe der Wand hält; die Nadel führt einen sehr kräftigen Faden durch. Genau ebenso wird ein zweiter Faden im 5. Intercostalraum durchgeführt. Dann wird jeder der beiden Fäden mit starkem Zuge über dem Sternum zusammengeschnürt, so dass er beide Arteriae mammariae internae comprimirt. Die Fäden beider Knoten werden nicht abgeschnitten, sondern von Assistenten nach oben, resp. unten gezogen, und zwischen beiden Knoten das Brustbein und die Intercostalweichtheile vorsichtig schichtweise durchtrennt.

Sachregister.

(Seitenzahlen.)

C.

D.

E.

L.

M.

N.

O.

P.

T.

U.

V.

W.

Z.

Druck von August Pries in Leipzig

Neuer Verlag von F. C. W. VOGEL in Leipzig.

Specielle Diagnose der inneren Krankheiten.

Ein Handbuch für Aerzte und Studirende.

Nach Vorlesungen bearbeitet

von Dr. **Wilhelm v. Leube,**

Professor der med. Klinik und Oberarzt am Juliusspital in Würzburg.

II. Band.

Fünfte neubearbeitete Auflage.

Mit 63 Abbildungen. 1898. Lex. 8. Preis M. 14.—, geb. M. 15.25.

Professor Dr. **Hermann Lossen** in Heidelberg.

Lehrbuch der allgemeinen und speciellen Chirurgie.

Siebente völlig umgearbeitete Auflage

I. Band. Allgemeine Chirurgie.

Mit 195 Abbildungen. Lex. 8. 1897. Preis M. 14.—, geb. M. 16.50.

II. Band. Specielle Chirurgie.

Mit 353 Abbildungen. Lex. 8. Preis M. 25.—, geb. M. 27.50.

(Früher unter dem Titel: **Hueter-Lossen's Grundriss der Chirurgie.**)

Elfte unveränderte Auflage.

Prof. Dr. **Adolph Strümpell's**

Lehrbuch der speciellen Pathologie und Therapie.

3 Bände. gr. 8 1897. Preis geh. 36 M., geb. 42 M.

Vorlesungen über den Bau der nervösen Centralorgane

des Menschen und der Thiere.

Für Aerzte und Studirende

von

Prof. Dr. **Ludwig Edinger** in Frankfurt a. M.

Fünfte starkvermehrte Auflage.

Mit 258 Abbildungen. Lex. 8. 1896. Preis M. 10.—, geb. M. 11.25.

Neuer Verlag von F. C. W. VOGEL in Leipzig.

Die Mikroorganismen.

Mit besonderer Berücksichtigung der

Aetiologie der Infektionskrankheiten.

Dritte völlig umgearbeitete Auflage

bearbeitet von

Dr. **P. Frosch** in Berlin, Dr. **E. Gotschlich** in Breslau, Dr. **W. Kolle** in Berlin, Dr. **W. Kruse** in Bonn, Prof. **R. Pfeiffer** in Berlin

herausgegeben von Dr. **C. Flügge**
o. ö. Professor u. Direktor des Hygienischen Instituts zu Breslau.

Mit 210 Abbildungen im Text. 2 Theile. gr. 8. 1896.

Preis M. 36.—, geb. M. 40.—.

Handbuch der ärztlichen Technik

von Dr. **Hermann Rieder,**
Privatdocent und Assistent der medicinischen Klinik zu München.

Mit 423 Abbildungen im Text. gr. 8. 1895. Preis M. 10.—, geb. M 11.25.

Diagnostik der inneren Krankheiten

auf Grund der heutigen Untersuchungsmethoden.

Ein Lehrbuch für Aerzte und Studirende

von

Prof. Dr. **O. Vierordt** in Heidelberg.

Fünfte verbesserte und vermehrte **Auflage.**

Mit 194 Abbildungen. gr. 8. 1897. Preis M. 14.—, geb. M. 16.—.

LANE MEDICAL LIBRARY

To avoid fine, this book should be returned on or before the date last stamped below.

F44 Hermann, L. 51218
H55 Leitfaden für das
~~1898 physiologische Practicum.~~

NAME	DATE DUE
Bindery	